

PCT

世界知的所有権機関  
国際事務局  
特許協力条約に基づいて公開された国際出願

<p>(51) 国際特許分類7 B25J 13/00, 5/00</p>	<p>A1</p>	<p>(11) 国際公開番号 WO00/67960</p> <p>(43) 国際公開日 2000年11月16日(16.11.00)</p>
<p>(21) 国際出願番号 PCT/JP00/02988</p> <p>(22) 国際出願日 2000年5月10日(10.05.00)</p> <p>(30) 優先権データ 特願平11/129275 1999年5月10日(10.05.99) JP 特願平11/165756 1999年5月10日(10.05.99) JP</p> <p>(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) ソニー株式会社(SONY CORPORATION)[JP/JP] 〒141-0001 東京都品川区北品川6丁目7番35号 Tokyo, (JP)</p> <p>(72) 発明者 ; および</p> <p>(75) 発明者 / 出願人 (米国についてのみ) 井上 真(INOUE, Makoto)[JP/JP] 野間英樹(NOMA, Hideki)[JP/JP] 〒141-0001 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内 Tokyo, (JP)</p> <p>(74) 代理人 弁理士 田辺恵基(TANABE, Shigemoto) 〒150-0001 東京都渋谷区神宮前1丁目11番11-508号 グリーンフアンタジアビル5階 Tokyo, (JP)</p>		<p>(81) 指定国 CN, JP, KR, US, 欧州特許 (DE, FR, GB)</p> <p>添付公開書類 国際調査報告書</p>
<p>(54) Title: TOBOY DEVICE AND METHOD FOR CONTROLLING THE SAME</p> <p>(54) 発明の名称 ロボット装置及びその制御方法</p> <div data-bbox="687 1699 1638 2356"><p>12...BATTERY SENSOR 13...HEAT SENSOR 14...INTERNAL SENSOR SECTION 15...MICROPHONE 17...TOUCH SENSOR 50...SENSOR INPUT PROCESSING SECTION 51...FEELING/INSTINCT MODEL SECTION 52...ACTION DETERMINING MECHANISM SECTION 53...POSTURE CHANGE MECHANISM SECTION 54...CONTROL MECHANISM SECTION 7A1, 7A2, 7A3, 7A4...ACTUATOR</p></div>		
<p>(57) Abstract</p> <p>According to input information, a feeling/instinct model is altered, a motion of a movable part one end of which is connected rotatably in one or more directions is determined, the remaining power of a battery is measured, the internal temperature of the body part is measured when the measured remaining power is lower than a predetermined level, and the posture of the robot device is changed to a predetermined one or the robot device is allowed to exhibit a predetermined action when the measured internal temperature is above a predetermined value.</p>		

(57)要約

ロボット装置及びその制御方法において、入力情報に基づいて感情本能モデルを変化させて、一端が少なくとも1軸以上の方向に回転自在に連結された可動部の動作を決定する一方、バッテリーの残量を検出して当該検出されたバッテリーの残量が所定レベル以下になったとき、さらに胴体部の内部温度を検出して当該検出された内部温度が所定の温度以上になったとき、ロボット装置を所定の姿勢に遷移し及び又は所定の動作を発現させるようにした。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AE	アラブ首長国連邦	DM	ドミニカ	KZ	カザフスタン	RU	ロシア
AG	アンティグア・バーブーダ	DZ	アルジェリア	LC	セントルシア	SD	スーダン
AL	アルバニア	EE	エストニア	LI	リヒテンシュタイン	SE	スウェーデン
AM	アルメニア	ES	スペイン	LK	スリ・ランカ	SG	シンガポール
AT	オーストリア	FI	フィンランド	LR	リベリア	SI	スロヴェニア
AU	オーストラリア	FR	フランス	LS	レソト	SK	スロヴァキア
AZ	アゼルバイジャン	GA	ガボン	LT	リトアニア	SL	シエラ・レオネ
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GB	英国	LU	ルクセンブルグ	SN	セネガル
BB	バルバドス	GD	グレナダ	LV	ラトヴィア	SZ	スワジランド
BE	ベルギー	GE	グルジア	MA	モロッコ	TD	チャード
BF	ブルキナ・ファソ	GH	ガーナ	MC	モナコ	TG	トーゴ
BG	ブルガリア	GM	ガンビア	MD	モルドヴァ	TJ	タジキスタン
BJ	ベナン	GN	ギニア	MG	マダガスカル	TM	トルクメニスタン
BR	ブラジル	GR	ギリシャ	MK	マケドニア旧ユーゴスラヴィア共和国	TR	トルコ
BY	ベラルーシ	GW	ギニア・ビサウ	ML	マリ	TT	トリニダード・トバゴ
CA	カナダ	HR	クロアチア	MN	モンゴル	TZ	タンザニア
CF	中央アフリカ	HU	ハンガリー	MR	モーリタニア	UA	ウクライナ
CG	コンゴ	ID	インドネシア	MW	マラウイ	UG	ウガンダ
CH	スイス	IE	アイルランド	MX	メキシコ	US	米国
CI	コートジボアール	IL	イスラエル	MZ	モザンビーク	UZ	ウズベキスタン
CM	カメルーン	IN	インド	NE	ニジェール	VN	ヴェトナム
CN	中国	IS	アイスランド	NL	オランダ	YU	ユーゴスラヴィア
CR	コスタ・リカ	IT	イタリア	NO	ノールウェー	ZA	南アフリカ共和国
CU	キューバ	JP	日本	NZ	ニュージーランド	ZW	ジンバブエ
CY	キプロス	KE	ケニア	PL	ポーランド		
CZ	チェッコ	KG	キルギスタン	PT	ポルトガル		
DE	ドイツ	KP	北朝鮮	RO	ルーマニア		
DK	デンマーク	KR	韓国				

## 明 細 書

## ロボット装置及びその制御方法

## 技術分野

本発明はロボット装置及びその制御方法に関し、例えばペットロボットに適用して好適なものである。

## 背景技術

近年、ユーザからの指令や周囲の環境に応じて決まった動作を行う 4 足歩行型のペットロボットが本願特許出願人により提案及び開発されている。かかるペットロボットは、一般家庭において飼育する犬や猫に似た形状を有し、ユーザからの指令や周囲の環境などに応じて動作を行うものである。

この種のペットロボットの尻尾としては、胴体部の後端から単にぶら下げるようにした紐状のもののみならず、胴体部の後端に内蔵したアクチュエータの駆動に応じて上下方向又は左右方向に揺動させるようにしたものが提案されている。

またこの種のペットロボットでは、胴体内部に設けられた 2 次電池でなるバッテリーを主動力源として用い、当該バッテリーから供給される電力に基づいて各種の回路やアクチュエータをそれぞれ駆動するようになされている。

ところがかかるペットロボットにおいて、尻尾をアクチュエータの駆動に応じて揺動させる場合、当該尻尾を本物の犬や猫などのように、その時々感情に応じた方向に湾曲及び揺動することができれば、より一層の親近感や満足感をユーザに与えて、ペットロボットとしてのアミューズメント性をより向上させることができると考えられる。

さらに尻尾は手足のように必要に応じた動きが要求されるものでもなく、いつでも自由に動作させることができるため、ペットロボットの内部で故障やトラブルが生じた場合にその旨を尻尾の動作によってユニットに通知することができれ

ば、より一層望ましい。

これに加えてかかるペットロボットにおいては、胴体部内に設けられたバッテリーの残量がほとんどない場合であっても、当該バッテリーの充電又は交換の必要性をユーザに通知する手法が未だ提案されていなかった。

実際にバッテリーの残量がなくなってペットロボットが停止状態になると、あたかも死んでいるかのように見えるため、アミューズメント性の追求という趣旨に反する結果となる。このためバッテリーの残量がなくなる直前に、本物の動物が抱くような食欲を充電欲としてユーザに対して表現させることができれば非常に望ましい。

さらにペットロボットには、胴体部内にバッテリーを含む駆動系が設けられている場合が多く、この場合胴体部の所定位置に換気口を形成しておき、当該換気口を介して外部の空気と入れ換えるようにして、胴体部の内部温度が極端に上昇するのを防止し得るようになされている。

ところがこのペットロボットでは、伏せているときのように、換気口が床によって塞がれているときには、外部からの空気をペットロボット内部に吸入し得なくなるため、胴体部の内部温度が極端に高くなってバッテリーを使用不能にさせるおそれがあった。

このためペットロボットの内部温度がいわゆる危険温度に達する直前に、当該ペットロボットを直立させて換気口を介して内部空気を循環させることができれば、安全性を確保する面で非常に望ましい。

## 発明の開示

本発明は以上の点を考慮してなされたもので、アミューズメント性を格段的に向上させ得る一方、充電の必要性を態度で表現すると共に安全性を確保し得るロボット装置及びその制御方法を提案しようとするものである。

かかる課題を解決するため本発明においては、一端が少なくとも1軸以上の方  
向に回転自在に連結された可動部を有するロボット装置において、供給される入

力情報に応じて可動部を動作する動作制御手段と、動作に起因する感情本能モデルを有し、入力情報に基づいて感情本能モデルを変化させることにより可動部の動作を決定する感情本能モデル変化手段とを設けるようにした。この結果このロボット装置では、ユーザからの働きかけや、指令の入力及び自己の行動に基づいて得られる本物の動物が抱く感情を可動部の動作及び姿勢で表現させることができ、かくしてより一層の親近感や満足感をユーザに与えることができ、かくしてアミューズメント性を格段と向上させ得る。

また本発明においては、一端が少なくとも1軸以上の方向に回転自在に連結された可動部を有するロボット装置において、ロボット装置の内部状態を検出する検出手段と、検出手段の検出結果に応じて可動部を動作する動作制御手段とを設けるようにした。この結果このロボット装置では、当該ロボットの内部状態を可動部の動作及び姿勢で表現させることができ、かくして動物的な反応をユーザに提示することによって親近感や満足感をユーザに与えることができる。

さらに本発明においては、内蔵されたバッテリーを動力源とするロボット装置において、バッテリーの残量を検出するバッテリー残量検出手段と、バッテリー残量検出手段によって検出されたバッテリーの残量が所定レベル以下になったとき、ロボット装置を所定の姿勢に遷移し及び又は所定の動作を発現させる動作制御手段とを設けるようにした。この結果このロボット装置では、あたかも本物の動物のように食欲を促している様子を親近感や満足感としてユーザに与えることができ、かくしてアミューズメント性を格段と向上し得る。

さらに本発明においては、動力源が内蔵された胴体部を有し、当該胴体部の所定位置に換気口が形成されたロボット装置において、胴体部の内部温度を検出する温度検出手段と、温度検出手段によって検出された内部温度が所定の温度以上になったとき、ロボット装置を所定の姿勢に遷移し及び又は所定の動作を発現させる動作制御手段とを設けるようにした。この結果このロボット装置では、内部の動力源が故障するのを未然に防止することができ、かくして安全性を確保し得る。

さらに本発明においては、内蔵されたバッテリーを動力源とするロボット装置の制御方法において、バッテリーの残量を検出する第1のステップと、当該検出されたバッテリーの残量が所定レベル以下になったとき、ロボット装置を所定の姿勢に遷移し及び又は所定の動作を発現させる第2のステップとを設けるようにした。この結果、あたかも本物の動物のように食欲を促している様子を親近感や満足感としてユーザに与えるようにロボット装置を制御することができ、かくしてアミューズメント性を格段と向上し得るロボット装置の制御方法を実現できる。

さらに本発明においては、動力源が内蔵された胴体部を有し、当該胴体部の所定位置に換気口が形成されたロボット装置において、胴体部の内部温度を検出する第1のステップと、温度検出手段によって検出された内部温度が所定の温度以上になったとき、ロボット装置を所定の姿勢に遷移し及び又は所定の動作を発現させる第2のステップとを設けるようにした。この結果このロボット装置の内部の動力源が故障するのを未然に防止するようにロボット装置を制御することができ、かくして安全性を確保し得るロボット装置の制御方法を実現できる。

#### 図面の簡単な説明

図1は、本発明を適用したペットロボットシステムの構成を示す斜視図である。

図2は、ペットロボットの構成を示す斜視図である。

図3は、図1のペットロボットの構成を示す斜視図である。

図4は、図1のステーションの構成を示す斜視図である。

図5は、図1のペットロボットの構成を示すブロック図である。

図6は、尻尾部ユニットにおける尻尾部を示す略線図である。

図7は、尻尾部ユニットにおけるベース部の内部構成を示す略線的な斜視図である。

図8は、図7のベース部におけるギアボックスの内部構成を示す部分的断面図である。

図9は、図8のギアボックス内の差動歯車機構の動作状態の説明に供する部分的断面図である。

図10は、尻尾部ユニットの全体構成を示す略線的斜視図である。

図11は、コントローラにおけるデータ処理の説明に供する略線図である。

図12は、感情・本能モデル部によるデータ処理の説明に供する略線図である。  
。

図13は、感情・本能モデル部によるデータ処理の説明に供する略線図である。  
。

図14は、感情・本能モデル部によるデータ処理の説明に供する略線図である。  
。

図15は、感情・本能モデル部によるデータ処理の説明に供する略線図である。  
。

図16は、感情・本能モデル部によるデータ処理の説明に供する略線図である。  
。

図17は、行動決定機構部における有限オートマトンの状態遷移図である。

図18は、姿勢遷移機構部における姿勢遷移図である。

図19は、充電要求処理手順の説明に供するフローチャートである。

図20は、内部温度調整処理手順の説明に供するフローチャートである。

#### 発明を実施するための最良の形態

以下図面について、本発明の一実施の形態を詳述する。

##### (1) 本発明を適用したペットロボットシステムの構成

1は全体として本実施の形態によるペットロボットシステムを示し、ペットロボット2を所定の姿勢状態のまま専用のバッテリー充電装置（以下、これをステーションと呼ぶ）3の所定位置に載せるようにして、当該ペットロボット2に内蔵されたバッテリー（図示せず）を充電するようになされている。

実際にかかるペットロボット2は、図2及び図3に示すように、胴体部ユニッ

ト 4 の前後左右にそれぞれ脚部ユニット 5 A ～ 5 D が連結されると共に、胴体部ユニット 4 の前端部及び後端部にそれぞれ頭部ユニット 6 及び尻尾部ユニット 7 が連結されることにより構成されている。

この尻尾部ユニット 7 は、胴体部ユニット 4 の上面に設けられたベース部 7 B から尻尾部 7 T が 2 自由度をもって湾曲又は揺動自在に引き出されている。

この胴体部ユニット 4 の内部には冷却ファン（図示せず）が設けられ、当該冷却ファンを介して上面 4 A 及び下面 4 B にはそれぞれ排気口 4 A X 及び吸気口 4 B X が形成されている。これによりベットロボット 2 では、冷却ファンの駆動に応じて、吸気口 4 B X から吸入した空気を胴体部ユニット 4 の内部を介して排気口 4 A X から外へ排出するようにして、当該胴体部ユニット 4 の内部温度を低減し得るようになされている。

また胴体部ユニット 4 の下面 4 B には、複数の電極（パッド）（図示せず）が露出して形成された第 1 のコネクタ半体 4 C が設けられている。

一方、ステーション 3 は、内蔵された充電器から引き出された配線が A C アダプタを介して家庭用の電源に接続されており、外観上は図 4 に示すように、本体部 3 A の上面中央にベットロボット 2 の胴体部ユニット 4 に対応した凹部空間 3 A H が形成されると共に、当該凹部空間 3 A H の両側にはそれぞれ平坦面 3 A R 、 3 A L が長手方向に沿って形成されている。

またステーション 3 の凹部空間 3 A H には、ベットロボット 2 側の第 1 のコネクタ半体 4 C の各電極に対応させて電極端子（図示せず）が突出形成された第 2 のコネクタ半体 3 C が設けられている。

さらにステーション 3 の本体部 3 A の前面には複数の L E D （ L i g h t E m i t t i n g D i o d e ）ランプ 3 L が設けられ、ステーション 3 と導通接続された A C アダプタ（図示せず）のプラグが電源に接続されているか否か、ベットロボット 2 内部に設けられたバッテリー（図示せず）が充電されているか否か、又はステーション 3 に着脱自在に収納された予備のバッテリーが充電されているか否かなどを、それぞれ所定の発光色に点灯又は点滅させるようにしてユーザ

に通知するようになされている。

実際にペットロボット2をステーション3に合体させる場合、まずペットロボット2を、いわゆる「伏せ」の姿勢、すなわち各脚部ユニット5A～5Cを屈曲させて胴体部ユニット4の下面4Bを床に近接させるような姿勢（以下、この姿勢をステーション移行姿勢と呼ぶ）に変化させる。

この状態でユーザは、ペットロボット2を持ち上げて、その胴体部ユニット4がステーション3の凹部空間3AHに嵌まり込むように載置することにより、胴体部ユニット4側の第1のコネクタ半体4Cとステーション3側の第2のコネクタ半体3Cとを当接して導通させる。

このときペットロボット2は、ステーション移行姿勢であるため、各脚部ユニット5A～5Dは胴体部ユニット4が凹部空間3AHに嵌まり込む際の障害になることなく、当該各脚部ユニット5A～5Dの先端の足部が、ステーション3の本体部3Aに形成された両方の平坦面3AR、3AL上に当接保持される。

## (2) ペットロボット2の内部構成

ここでペットロボット2は、図5に示すように、胴体部ユニット4には、このペットロボット2全体の動作を制御するコントローラ10と、このペットロボット2の動力源となるバッテリー11と、バッテリーセンサ12及び熱センサ13からなる内部センサ部14となどが収納されている。

また頭部ユニット6には、「耳」に相当するマイクロホン15と、「目」に相当するCCD (Charge Coupled Device) カメラ16と、タッチセンサ17と、「口」に相当するスピーカ18となどがそれぞれ所定位置に配設されている。

さらに各脚部ユニット5A～5Dの関節部分や、各脚部ユニット5A～5D及び胴体部ユニット4の各連結部分、頭部ユニット6及び胴体部ユニット4の連結部分、並びに尻尾部ユニット7及び胴体部ユニット4の連結部分などにはそれぞれアクチュエータ5AA<sub>1</sub>～5AA<sub>K</sub>、5BA<sub>1</sub>～5BA<sub>K</sub>、5CA<sub>1</sub>～5CA<sub>K</sub>、5DA<sub>1</sub>～5DA<sub>K</sub>、6A<sub>1</sub>～6A<sub>L</sub>、7A<sub>1</sub>及び7A<sub>2</sub>が配設されている。

そして頭部ユニット6のマイクロホン15は、ユーザから図示しないサウンドコマンド（操作内容に応じて異なる音階の音を発生するコマンド）により音階として与えられる「歩け」、「伏せ」又は「ボールを追いかける」等の指令音を集音し、得られた音声信号S1をコントローラ10に送出する。またCCDカメラ16は、周囲の状況を撮像し、得られた画像信号S2をコントローラ10に送出する。

さらにタッチセンサ17は、図2において明らかなように頭部ユニット6の上部に設けられており、ユーザからの「なでる」や「たたく」といった物理的な働きかけにより受けた圧力を検出し、検出結果を圧力検出信号S3としてコントローラ10に送出する。

さらに胴体部ユニット4のバッテリーセンサ12は、バッテリー11の残量を5段階に分けて検出し、当該各段階の検出結果をバッテリー残量検出信号S4として順次コントローラ10に送出する。この場合、バッテリーセンサ12は、バッテリー11の残量が80〔%〕以上、80～50〔%〕、50～25〔%〕、25～20〔%〕及び20〔%〕以下のとき、それぞれ「Full」、「Middle-Full」、「Middle」、「Low」及び「Low-Low」として段階的に分類して検出するようになされている。

さらに胴体部ユニット4の熱センサ13は、ベットロボット2の内部温度を検出し、検出結果を熱検出信号S5としてコントローラ10に送出する。

コントローラ10は、マイクロホン15、CCDカメラ16、タッチセンサ17、バッテリーセンサ12及び熱センサ13から与えられる音声信号S1、画像信号S2、圧力検出信号S3、バッテリー残量検出信号S4及び熱検出信号S5などに基づいて、周囲の状況や、ユーザからの指令、ユーザからの働きかけなどの有無を判断する。

そしてコントローラ10は、この判断結果と予め入力される制御プログラムとに基づいて続く行動を決定し、決定結果に基づいて必要なアクチュエータ5A<sub>1</sub>～5A<sub>K</sub>、5B<sub>1</sub>～5B<sub>K</sub>、5C<sub>1</sub>～5C<sub>K</sub>、5D<sub>1</sub>～5D<sub>K</sub>

、 $6A_1 \sim 6A_L$ 、 $7A_1$  及び  $7A_2$  を駆動させることにより、頭部ユニット 6 を上下左右に振らせたり、尻尾部ユニット 7 を動かしたり、各脚部ユニット  $5A \sim 5D$  を駆動して歩行させるなどの行動を行わせる。

またこの際コントローラ 10 は、必要に応じて所定の音声信号 S 6 をスピーカ 18 に与えることにより当該音声信号 S 6 に基づく音声を外部に出力させたり、このペットロボット 2 の「目」の位置に設けられた図示しない LED を点灯、消灯又は点滅させる。

このようにしてこのペットロボット 2 においては、周囲の状況及び制御プログラム等に基づいて自律的に行動し得るようになされている。

### (3) ペットロボットの尻尾部ユニットの構成

ここで尻尾部ユニット 7 は、上述した図 2 のように、胴体部ユニット 4 の上面に設けられたベース部 7B 内のギアボックス（図示せず）に尻尾部 7T の一端が接続されている。

この尻尾部 7T は、図 6 に示すように、例えば超弾性合金製の 1 本のワイヤ 7W を中央部分でほぼ U 字状（又はほぼ V 字状）に折り曲げることによって、ヘアピン形状でなるほぼ平行な 2 本のワイヤ部 7WA、7WB からなる湾曲機構を形成するようになされている。

このヘアピン形状のワイヤ部 7WA、7WB の外周には、合成樹脂や軽金属等によって成形された複数の筒状部材 7PA $\sim$ 7PD が直列的に挿入されており、当該各筒状部材 7PA $\sim$ 7PD 間でいわゆる球面軸受（一種のユニバーサルジョイント）として屈曲自在に接続することによって多関節機構を構成するようになされている。

また最先端の筒状部材 7PA の先端位置には、その軸方向に対して垂直にピン 7P が打ち込まれ、ワイヤ 7W の折り曲げ部分 5WC を当接保持することによって筒状部材 7PA から抜けるのを防止し得るようになされている。

さらに最基端の筒状部材 7PD からは、2 本のワイヤ部 7WA、7WB の基端 7WAS、7WBS が互いに反対方向にほぼ L 字型に折り曲げられた状態で突出

され、それぞれ後述するギアボックス 22 (図 7) に接続されている。

ここで図 7 は、ベース部 7 B におけるベースカバー (図示せず) 内部の構成を示し、ギアードモータからなる一対のアクチュエータ  $7A_1$ 、 $7A_2$  が断面略コ字状に形成された軸受部材 20 の背面板 20 A に固定され、当該各アクチュエータ  $7A_1$ 、 $7A_2$  の出力軸  $7A_{1X}$ 、 $7A_{2X}$  がそれぞれ背面板 20 A に形成された各貫通孔 20 AH を介して内側に貫通するようになされている。

この軸受部材 20 内には歯車伝動機構 21 が設けられ、各アクチュエータ  $7A_1$ 、 $7A_2$  の出力軸  $7A_{1X}$ 、 $7A_{2X}$  を当該歯車伝動機構 21 を介してギアボックス 22 と係合させるようになされている。すなわちこの歯車伝動機構 21 では、各アクチュエータ  $7A_1$ 、 $7A_2$  の出力軸  $7A_{1X}$ 、 $7A_{2X}$  に固着されたはすば歯車 23 A、23 B と、軸受部材 20 の上面板 20 B 及び下面板 20 C 間に支持された第 1 及び第 2 のシャフト 24、25 を回転中心として回転自在に取り付けられたはすば歯車 26 A、26 B とがそれぞれ歯合されている。

また第 1 のシャフト 24 の上端側には当該第 1 のシャフト 24 を回転中心とする歯車 27 A がはすば歯車 26 A と一体に結合されると共に、第 2 のシャフト 25 の下端側には当該第 2 のシャフト 25 を回転中心とする歯車 27 B がはすば歯車 26 B と一体に結合されている。

さらに軸受部材 20 の上面板 20 B 及び下面板 20 C 間に支持された第 3 のシャフト 28 の上端及び下端には、それぞれ歯車 29、30 が当該第 3 のシャフト 28 を回転中心として回転自在に取り付けられており、上端側の歯車 29 は第 1 のシャフト 24 の上端に取り付けられた歯車 27 A と歯合され、かつ下端側の歯車 30 は第 2 のシャフト 25 の下端に取り付けられた歯車 27 B と歯合されている。

さらに軸受部材 20 の上面板 20 B 及び下面板 20 C には、互いに同軸中心となる上下一対の第 4 及び第 5 のシャフト 31、32 の一端がそれぞれ支持されており、当該第 4 及び第 5 のシャフト 31、32 間を連結するように略球体形状のギアボックス 22 が取り付けられている。このギアボックス 22 の上下両端には

、第4及び第5のシャフト31、32を回転中心としてそれぞれ回転自在に取り付けられた歯車33、34が、第3のシャフト28の上端及び下端に取り付けられた歯車29、30と対応して歯合されている。

このギアボックス22は、図7のP-P'線を断面にとった図8に示すように、一对の半球殻体22A<sub>1</sub>、22A<sub>2</sub>を組み合わせた球殻体22Aを形成しており、当該球殻体22A内の中空部22Hに差動歯車機構35が第4及び第5のシャフト31、32と係合するように組み込まれて構成されている。

この差動歯車機構35は、第4及び第5のシャフト31、32と直交するように球殻体22A内で回転自在に支持された支軸36を有し、当該支軸36を回転中心として中空部22H内で矢印a方向又はこれと逆方向に回転自在に嵌挿された左右一对の大径の傘歯車37、38が、第4及び第5のシャフト31、32に取り付けられた歯車33、34と同軸上で一体に結合された上下一対の小径の傘歯車39、40の両方と歯合されている。

この左右一对の傘歯車39、40間には、合成樹脂等からなるスライドガイド41がその長手方向を支軸36と直交するように当該支軸36を中心として回転自在に取り付けられ、さらに当該支軸36を間に挟むように上下一対のスライダ42A、42Bがスライドガイド41に対してその長手方向にスライド自在に掛合されている。

この場合スライドガイド41の一面には、長手方向に沿って平行な上下一対のガイドレール41A、41Bが形成される一方、各スライダ42A、42Bの一面には当該ガイドレール41A、41Bに対応してそれぞれガイド溝42AG、42BGが形成されている。また各スライダのガイド溝には、その溝方向に沿ってそれぞれワイヤ部7WA、7WBの一端が埋設され、尻尾部7T全体を保持するようになされている。

さらに一方の大径の傘歯車38の内側には、上下一対のピン形状の突起38A、38Bが互いに180〔°〕の位置関係を保つように一体成形されており、当該各突起38A、38Bに対応して上下一対のスライダ42A、42Bの他面に

は第4及び第5のシャフト31、32と平行な上下一対のスライド溝42AH、42BHが形成されている。

かくして図7のQ-Q'線を断面にとった図9A及び図9Bに示すように、大径の傘歯車37、38が支軸36を中心に互いに逆方向（矢印a方向及びこれと逆方向）に回転するとき、当該傘歯車38の各突起38A、38Bがそれぞれスライド溝42AH、42BHに沿ってスライドしながら傘歯車38の回転方向に当接押圧することにより、スライダ42A、42Bをスライドガイド41に対して互いに逆方向にスライドさせ得るようになされている。

従ってヘッド部7Bにおいて、一対のアクチュエータ7A<sub>1</sub>、7A<sub>2</sub>を各出力軸7A<sub>1X</sub>、7A<sub>2X</sub>が互いに逆方向に回転するように同一の回転速度で駆動制御したとき、歯車伝動機構21を介して第4及び第5のシャフト31、32に取り付けられた上下一対の歯車33、34が、差動歯車機構35を構成する上下一対の小径の傘歯車39、40と一体となって互いに逆方向（矢印b方向及びこれと逆方向）に回転することにより、差動歯車機構35を構成する左右一対の大径の傘歯車37、38が互いに逆方向（矢印a方向及びこれと逆方向）に回転しながら、スライドガイド41の長手方向に対して一対のスライダ42A、42Bの一方を押し出すと同時に他方を引き戻す。

かくして尻尾部ユニット7においては、ギアボックス22内の差動歯車機構35によるスライダ42A、42Bのスライド動作に応じて尻尾部7T内の2本のワイヤ部7WA、7WBが交互に押し出し又は引き戻されることにより、ワイヤ7Wを湾曲させることができる。

従って尻尾部ユニット7では、一対のアクチュエータ7A<sub>1</sub>、7A<sub>2</sub>を各出力軸7A<sub>1X</sub>、7A<sub>2X</sub>が同じ回転速度で互いに逆方向に回転するように駆動制御したとき、当該駆動制御に応じて尻尾部7Tを上下方向に所望の振幅で湾曲させ、又は上下方向に所望の振幅及び速度で揺動させ得るようになされている。

また図7に示すように、ギアボックス22における球殻体22Aの前面所定位置には、第4及び第5のシャフト31、32と平行な所定サイズの長穴22Lが

開口されており、当該長穴 2 2 L を介してギアボックス 2 2 内のスライドガイド 4 1 及び上下一対のスライダ 4 2 A、4 2 B から引き出された尻尾部 7 T が突出されている。かくして尻尾部 7 T は長穴 2 2 L の上下両端縁の範囲内で上下方向に湾曲又は揺動し得るようになされている。

さらにヘッド部 7 B において、一対のアクチュエータ  $7 A_1$ 、 $7 A_2$  を各出力軸  $7 A_{1X}$ 、 $7 A_{2X}$  が共に同方向に回転するように同一の回転速度で駆動制御したとき、歯車伝動機構 2 1 を介して第 4 及び第 5 のシャフト 3 1、3 2 に取り付けられた上下一対の歯車 3 3、3 4 が共に同方向（矢印 b 方向又はこれと逆方向）に回転する。このとき差動歯車機構 3 5 を構成する上下一対の小径の傘歯車 3 9、4 0 は、左右一対の大径の傘歯車 3 7、3 8 の両方と歯合しているため同方向へは回転することができず、この結果、差動歯車機構 3 5 すなわちギアボックス 2 2 が第 4 及び第 5 のシャフト 3 1、3 2 を回転中心として上下一対の歯車 3 3、3 4 と一体となって同方向に回転する。

かくして尻尾部ユニット 7 では、図 1 0 に示すように、一対のアクチュエータ  $7 A_1$ 、 $7 A_2$  を各出力軸  $7 A_{1X}$ 、 $7 A_{2X}$  が同じ回転速度で互いに同方向に回転するように駆動制御したとき、当該駆動制御に応じてギアボックス 2 2 及びその内部の差動歯車機構 3 5 を所望方向に回転させることによって、尻尾部 7 T を矢印 c 方向又はこれと逆方向の左右方向や矢印 d 方向又はこれと逆方向の上下方向に所望の振幅で湾曲させ、又は左右方向に所望の振幅及び速度で揺動させ得るようになされている。

#### （４）コントローラ 1 0 の処理

ここでこのようなペットロボット 1 の行動生成に関するコントローラ 1 0 の処理について説明する。

図 1 1 に示すように、ペットロボット 2 の行動生成に関するコントローラ 1 0 の処理の内容を機能的に分類すると、特定の外部状態を認識するセンサ入力処理部 5 0、当該センサ入力処理部 5 0 の認識結果を累積して感情及び本能の状態を表現する感情・本能モデル部 5 1、当該センサ入力処理部 5 0 の認識結果に基づ

いて続く行動を決定する行動決定機構部 5 2、当該行動決定機構部 5 2 の決定結果及び感情・本能モデル部 5 1 の表現結果に基づいて実際にペットロボット 2 に行動を発現させる姿勢遷移機構部 5 3、並びに各アクチュエータ 5 A A<sub>1</sub> ~ 7 A<sub>1</sub> 及び 7 A<sub>2</sub> を駆動制御する制御機構部 5 4 に分けることができる。

この場合センサ入力処理部 5 0 は、マイクロホン 1 5、CCD カメラ 1 6 及びタッチセンサ 1 7 から与えられる音声信号 S 1、画像信号 S 2 及び圧力検出信号 S 3 に基づいて、特定の外部状態や、ユーザからの特定の働きかけ及びユーザからの指示を検出及び認識した後、当該認識結果を本物の動物が受けた聴覚状態、視覚状態及び知覚状態に変換すると共に、内部センサ部 1 4 を構成するバッテリーセンサ 1 2 及び熱センサ 1 3 から与えられるバッテリー残量検出信号 S 4 及び熱検出信号 S 5 に基づいて、バッテリー 1 1 の残量状態やペットロボット 2 の内部温度を認識し、かくして得られた状態認識情報 D 1 を感情・本能モデル部 5 1 及び行動決定機構部 5 2 に通知する。

具体的にセンサ入力処理部 5 0 は、マイクロホン 1 5 から与えられる音声信号 S 1 を常時監視し、当該音声信号 S 1 のスペクトラムとして「歩け」、「伏せ」、「ボールを追いかける」等の指令に応じてサウンドコマンド（図示せず）から出力される指令音と同じ音階のスペクトラムを検出したときにはその指令が与えられたと認識して、当該認識結果を感情・本能モデル部 5 1 及び行動決定機構部 5 2 に通知する。

またセンサ入力処理部 5 0 は、CCD カメラ 1 6 から与えられる画像信号 2 を常時監視し、当該画像信号 S 2 に基づく画像内に例えば「赤い丸いもの」や「地面に対して垂直なかつ所定高さ以上の平面」を検出したときには「ボールがある」、「壁がある」と認識して、当該認識結果を感情・本能モデル部 5 1 及び行動決定機構部 5 2 に通知する。

さらにセンサ入力処理部 5 0 は、タッチセンサ 1 7 から与えられる圧力検出信号 S 3 を常時監視し、当該圧力検出信号 S 3 に基づいて所定の閾値以上のかつ短時間（例えば 2 秒未満）の圧力を検出したときには「たたかれた（しかられた）」

」と認識し、当該圧力検出信号 S 3 に基づいて所定の閾値未満のかつ長時間（例えば 2 秒以上）の圧力を検出したときには「なでられた（ほめられた）」と認識して、これら認識結果を感情・本能モデル部 5 1 及び行動決定機構部 5 2 に通知する。

さらにセンサ入力処理部 5 0 は、バッテリーセンサ 1 2 から与えられるバッテリー残量検出信号 S 4 を常時監視し、当該バッテリー残量検出信号 S 4 に基づいてバッテリー 1 1 の残量が 8 0 [%] 以上、5 0～2 5 [%]、2 5～2 0 [%] 及び 2 0 [%] 以下のうちのいずれかであることを認識し、当該認識結果を感情・本能モデル部 5 1 及び行動決定機構部 5 2 に通知する。

さらにセンサ入力処理部 5 0 は、熱センサ 1 3 から与えられる熱検出信号 S 5 を常時監視し、当該熱検出信号 S 5 に基づいてペットロボット 2 の内部温度が所定の危険温度以上であると検出したときには、「危険である」と認識して、当該認識結果を感情・本能モデル部 5 1 及び行動決定機構部 5 2 に通知する。

感情・本能モデル部 5 1 は、図 1 2 に示すように、複数の独立した感情モデルとしての情動ユニット 6 0 A～6 0 D となる基本情動群 6 0 と、複数の独立した欲求モデルとしての欲求ユニット 6 1 A～6 1 D となる基本欲求群 6 1 についての制御パラメータをコントローラ 1 0 のメモリ 1 0 A 内に有している。

基本情動群 6 0 のうち情動ユニット 6 0 A は「うれしさ」という情動を示すものであり、情動ユニット 6 0 B は「悲しさ」という情動を示すものであり、情動ユニット 6 0 C は「怒り」という情動を示すものである。

情動ユニット 6 0 A～6 0 D は、情動の度合いを例えば 0～1 0 0 レベルまでの強度によってそれぞれ表し、供給される状態認識情報 D 1 に基づいて情動の強度をそれぞれ時々刻々と変化させる。かくして感情・本能モデル部 5 1 は、時々刻々と変化する情動ユニット 6 0 A～6 0 D の強度を組み合わせることによりペットロボット 2 の感情の状態を表現し、感情の時間変化をモデル化している。

また基本欲求群 6 1 のうち欲求ユニット 6 1 A は「食欲」という欲求を示すものであり、欲求ユニット 6 1 B は「好奇心」という欲求を示すものであり、欲求

ユニット 6 1 C は「運動欲」という欲求を示すものである。

欲求ユニット 6 1 A ～ 6 1 D は、情動ユニット 6 0 A ～ 6 0 D と同様に、欲求の度合いを例えば 0 ～ 1 0 0 レベルまでの強度によってそれぞれ表し、供給される状態認識情報 D 1 に基づいて欲求の強度をそれぞれ時々刻々と変化させる。かくして感情・本能モデル部 5 1 は、時々刻々と変化する欲求ユニット 6 1 A ～ 6 1 D の強度を組み合わせることによりベットロボット 2 の本能の状態を表現し、本能の時間変化をモデル化している。

このようにして感情・本能モデル部 5 1 は、状態認識情報 D 1 に基づいて情動ユニット 6 0 A ～ 6 0 D 及び欲求ユニット 6 1 A ～ 6 1 D の強度をそれぞれ変化させる。そして感情・本能モデル部 5 1 は、この変化した情動ユニット 6 0 A ～ 6 0 D の強度を累積的に組合せることにより感情の状態を決定すると共に、変化した欲求ユニット 6 1 A ～ 6 1 D の強度を累積的に組合せることにより本能の状態を決定し、当該決定された感情及び本能の状態を感情・本能状態情報 D 2 として行動決定機構部 5 2 に送出する。

ところで感情・本能モデル部 5 1 は、基本情動群 6 0 のうち所望の情動ユニット 6 0 A ～ 6 0 D 同士を相互抑制的又は相互刺激的に結合し、当該結合した情動ユニット 6 0 A ～ 6 0 D のうち一方の情動ユニットの強度を変化させると、これに応じて他方の情動ユニットの強度が変化することになり、自然な感情を有するベットロボットを実現している。

すなわち図 1 3 に示すように、感情・本能モデル部 5 1 は、「うれしさ」情動ユニット 6 0 A と「悲しさ」情動ユニット 6 0 B とを相互抑制的に結合することにより、ユーザにほめてもらったときには「うれしさ」情動ユニット 6 0 A の強度を大きくすると共に、その際「悲しさ」情動ユニット 6 0 B の強度を変化させるような状態認識情報 D 1 が供給されていなくても、「うれしさ」情動ユニット 6 0 A の強度が大きくなることに応じて自然に「悲しさ」情動ユニット 6 0 B の強度を低下させる。同様に感情・本能モデル部 5 1 は、「悲しさ」情動ユニット 6 0 B の強度が大きくなると、当該「悲しさ」情動ユニット 6 0 B の強度が大き

くなることに応じて自然に「うれしさ」情動ユニット60Aの強度を低下させる。

また感情・本能モデル部51は、「悲しさ」情動ユニット60Bと「怒り」情動ユニット60Cとを相互刺激的に結合することにより、ユーザにたたかれたときには「怒り」情動ユニット60Cの強度を大きくすると共に、その際「悲しさ」情動ユニット60Bの強度を変化させるような状態認識情報D1が供給されていなくても、「怒り」情動ユニット60Cの強度が大きくなることに応じて自然に「悲しさ」情動ユニット60Bの強度を増大させる。同様に感情・本能モデル部51は、「悲しさ」情動ユニット60Bの強度が大きくなると、当該「悲しさ」情動ユニット60Bの強度が大きくなることに応じて自然に「怒り」情動ユニット60Cの強度を増大させる。

さらに感情・本能モデル部51は、情動ユニット60A～60C同士を結合した場合と同様に、基本欲求群61のうち所望の欲求ユニット61A～61C同士を相互抑制的又は相互刺激的に結合し、当該結合した欲求ユニット61A～61Cのうち一方の欲求ユニットの強度を変化させると、これに応じて他方の欲求ユニットの強度が変化することになり、自然な本能を有するペットロボット2を実現している。

すなわち図14に示すように、感情・本能モデル部51は、「食欲」欲求ユニット61Aと「運動欲」欲求ユニット61Bとを相互抑制的に結合することにより、ペットロボット2内部のバッテリー11の残量が少なくなったときには「食欲」欲求ユニット61Aの強度を大きくすると共に、その際「運動欲」欲求ユニット61Bの強度を変化させるような状態認識情報D1が供給されていなくても、「食欲」欲求ユニット61Aの強度が大きくなることに応じて自然に「運動欲」欲求ユニット61Bの強度を低下させる。同様に感情・本能モデル部51は、「運動欲」欲求ユニット61Bの強度が大きくなると、当該「運動欲」欲求ユニット61Bの強度が大きくなることに応じて自然に「食欲」欲求ユニット61Aの強度を低下させる。

また感情・本能モデル部 5 1 は、「好奇心」欲求ユニット 6 1 B と「運動欲」欲求ユニット 6 1 C とを相互刺激的に結合することにより、一定時間じっとしていたときには「運動欲」欲求ユニット 6 1 C の強度を大きくすると共に、その際「好奇心」欲求ユニット 6 1 B の強度を変化させるような状態認識情報 D 1 が供給されていなくても、「運動欲」欲求ユニット 6 1 C の強度が大きくなることに応じて自然に「好奇心」欲求ユニット 6 1 B の強度を増大させる。同様に感情・本能モデル部 5 1 は、「好奇心」欲求ユニット 6 1 B の強度が大きくなると、当該「好奇心」欲求ユニット 6 1 B の強度が大きくなることに応じて自然に「運動欲」欲求ユニット 6 1 C の強度を増大させる。

図 1 1 において感情・本能モデル部 5 1 は、後段の行動決定機構部 5 2 からペットロボット 2 自身の現在又は過去の行動、例えば「長時間歩いた」などの行動の内容を示す行動情報 D 3 が供給されており、同一の状態認識情報 D 1 が与えられても、当該行動情報 D 3 が示すペットロボット 2 の行動に応じて異なる感情・本能状態情報 D 2 を生成するようになされている。

具体的には図 1 5 に示すように、感情・本能モデル部 5 1 は、各情動ユニット 6 0 A ～ 6 0 C の前段に、ペットロボット 2 の行動を示す行動情報 D 3 と状態認識情報 D 1 とを基に各情動ユニット 6 0 A ～ 6 0 C の強度を増減させるための強度情報 D 4 A ～ D 4 C を生成する強度増減関数 6 5 A ～ 6 5 C をそれぞれ設け、当該強度増減関数 6 5 A ～ 6 5 C から出力される強度情報 D 4 A ～ D 4 C に応じて各情動ユニット 6 0 A ～ 6 0 C の強度をそれぞれ増減させる。

例えば感情・本能モデル部 5 1 は、ユーザに挨拶をしたときに頭をなでられれば、すなわちユーザに挨拶をしたという行動情報 D 3 と頭をなでられたという状態認識情報 D 1 とが強度増減関数 6 5 A に与えられると、「うれしさ」情動ユニット 6 0 A の強度を増加させる一方、何らかの仕事を実行中に頭をなでられても、すなわち仕事を実行中であるという行動情報 D 3 と頭をなでられたという状態認識情報 D 1 とが強度増減関数 6 5 A に与えられても、「うれしさ」情動ユニット 6 0 A の強度を変化させない。

このように感情・本能モデル部 5 1 は、状態認識情報 D 1 だけでなく現在又は過去のベットロボット 2 の行動を示す行動情報 D 3 も参照しながら各情動ユニット 6 0 A～6 0 C の強度を決定することにより、例えば何らかのタスクを実行中にユーザがいたずらするつもりで頭をなでたとき、「うれしさ」情動ユニット 6 0 A の強度を増加させるような不自然な感情を起こさせることを回避することができる。

因みに、感情・本能モデル部 5 1 は、欲求ユニット 6 1 A～6 1 C の場合も同様にして、供給される状態認識情報 D 1 及び行動情報 D 3 に基づいて各欲求ユニット 6 1 A～6 1 C の強度をそれぞれ増減させるようになされている。

具体的には図 1 6 に示すように、感情・本能モデル部 5 1 は、各欲求ユニット 6 1 A～6 1 C の前段に、ベットロボット 2 の行動を示す行動情報 D 3 と状態認識情報 D 1 とを基に各欲求ユニット 6 1 A～6 1 C の強度を増減させるための強度情報 D 4 D～D 4 F を生成する強度増減関数 6 6 A～6 6 C をそれぞれ設け、当該強度増減関数 6 6 A～6 6 C から出力される強度情報 D 4 D～D 4 F に応じて各欲求ユニット 6 1 A～6 1 C の強度をそれぞれ増減させる。

例えば感情・本能モデル部 5 1 は、好きな色のものを見ているという行動情報 D 3 としばらくの間じっとしているという状態認識情報 D 1 とが強度増減関数 6 6 A に与えられると、「好奇心」欲求ユニット 6 1 B の強度を増加させる一方、歩き回ったばかりで休憩しているという行動情報 D 3 と何もない環境でしばらくの間じっとしているという状態認識情報 D 1 とが強度増減関数 6 5 A に与えられても、「好奇心」欲求ユニット 6 1 B の強度を変化させない。

このように感情・本能モデル部 5 1 は、状態認識情報 D 1 だけでなく現在又は過去のベットロボット 2 の行動を示す行動情報 D 3 も参照しながら各欲求ユニット 6 1 A～6 1 C の強度を決定することにより、例えば歩き疲れて休憩している間に好きな色のものを見たとき、「好奇心」欲求ユニット 6 1 B の強度を増加させるような不自然な本能を起こさせることを回避することができる。

以上、述べたように強度増減関数 6 5 A～6 5 C、6 6 A～6 6 C は、状態認

識情報D 1 及び行動情報D 3 が入力されると、予め設定されているパラメータに応じて強度情報D 4 A～D 4 F を生成して出力するような関数であり、当該パラメータをペットロボット 2 毎に異なる値に設定することにより、例えばおこりっぽいペットロボット 2 や明るい性格のペットロボット 2 のように、当該ペットロボット 2 に個性を持たせることができる。

図 1 1 において、行動決定機構部 5 2 は、状態認識情報D 1 及び感情・本能状態情報D 2 に基づいて次の行動を決定し、当該決定された行動の内容を行動指令情報D 5 として姿勢遷移機構部 5 3 に送出する。

具体的には図 1 7 に示すように、行動決定機構部 5 2 は、過去に供給された状態認識情報D 1 の履歴を動作状態（以下、これをステートと呼ぶ）で表し、現在供給された状態認識情報D 1 とそのときのステートとに基づいて当該ステートを別のステートに遷移させることにより、次の行動を決定するような有限個のステートを有する有限オートマトン 7 0 と呼ばれるアルゴリズムを用いている。このように行動決定機構部 5 2 は、状態認識情報D 1 が供給される毎にステートを遷移させ、当該遷移したステートに応じて行動を決定することにより、現在の状態認識情報D 1 だけでなく過去の状態認識情報D 1 も参照して行動を決定している。

従って、例えば「ボールを追いかけている」というステート S T 1 において、「ボールが見えなくなった」という状態認識情報D 1 が供給されると、「立っている」というステート S T 5 に遷移する一方、「寝ている」というステート S T 2 において、「起きろ」という状態認識情報D 1 が供給されると、「立っている」というステート S T 4 に遷移する。このようにこれらステート S T 4 及びステート S T 5 は、行動は同一であっても過去の状態認識情報D 1 の履歴が異なっていることから、ステートも異なっていることが分かる。

實際上、行動決定機構部 5 2 は、所定のトリガーがあったことを検出すると、現在のステートを次のステートに遷移させる。トリガーの具体例としては、例えば現在のステートの行動を実行している時間が一定値に達した、又は特定の状態

認識情報D 1、又は感情・本能モデル部5 1から供給される感情・本能状態情報D 2が示す情動ユニット6 0 A～6 0 C及び欲求ユニット6 1 A～6 1 Cの強度のうち、所望のユニットの強度が所定の閾値を超えたこと等が挙げられる。

その際、行動決定機構部5 2は、感情・本能モデル部5 1から供給された感情・本能状態情報D 2が示す情動ユニット6 0 A～6 0 C及び欲求ユニット6 1 A～6 1 Cの強度のうち、所望のユニットの強度が所定の閾値を超えているか否かに基づいて遷移先のステートを選択する。これにより行動決定機構部5 2は、例えば同一の状態認識情報D 1が入力されても、情動ユニット6 0 A～6 0 C及び欲求ユニット6 1 A～6 1 Cの強度に応じて異なるステートに遷移するようになされている。

従って行動決定機構部5 2は、供給される状態認識情報D 1を基に例えば目の前に手のひらが差し出されたことを検出し、かつ感情・本能状態情報D 2を基に「怒り」情動ユニット6 0 Cの強度が所定の閾値以下であることを検出し、かつ状態認識情報D 1に「お腹がすいていない」すなわち電池電圧が所定の閾値以上であることを検出すると、目の前に手のひらが差し出されたことに応じて「おて」の動作を行わせるための行動指令情報D 5を生成し、これを姿勢遷移機構部5 3に送出する。

また行動決定機構部5 2は、例えば目の前に手のひらが差し出され、かつ「怒り」情動ユニット6 0 Cの強度が所定の閾値以下であり、かつ「お腹がすいている」すなわち電池電圧が所定の閾値未満であることを検出すると、「手のひらをべろべろなめる」ような動作を行わせるための行動指令情報D 5を生成し、これを姿勢遷移機構部5 3に送出する。

また行動決定機構部5 2は、例えば目の前に手のひらが差し出され、かつ「怒り」情動ユニット6 0 Cの強度が所定の閾値以上であることを検出すると、「お腹がすいていない」すなわち電池電圧が所定の閾値以上であるか否かにかかわらず、「おいと横を向く」ような動作を行わせるための行動指令情報D 5を生成し、これを姿勢遷移機構部5 3に送出する。

さらに行動決定機構部 5 2 は、供給される状態認識情報 D 1 を基に例えばバッテリー 1 1 の残量が所定の閾値以下であることを検出し、かつ感情・本能状態情報 D 2 を基に「食欲」欲求ユニット 6 1 A の強度が所定の閾値以上であることを検出すると、「充電してもらう」動作を行わせるための行動指令情報 D 5 を生成し、これを姿勢遷移機構部 5 3 に送出する。

ところで行動決定機構部 5 2 は、感情・本能モデル部 5 1 から供給された感情・本能状態情報 D 2 が示す情動ユニット 6 0 A ~ 6 0 C 及び欲求ユニット 6 1 A ~ 6 1 C の強度のうち所望のユニットの強度に基づいて、遷移先のステートで行われる行動のパラメータ、例えば歩行の速度、手足を動かす際の動きの大きさや速度、音を出す際の音の高さや大きさなどを決定し、当該行動のパラメータに応じた行動指令情報 D 3 を生成して姿勢遷移機構部 5 3 に送出するようになっている。

因みに、センサ入力処理部 5 0 から与えられる情報認識情報 D 1 は感情・本能モデル部 5 1 及び行動決定機構部 5 2 に入力されるタイミングに応じて情報の内容が異なるため、感情・本能モデル部 5 1 と共に行動決定機構部 5 2 にも入力されるようになっている。

例えばコントローラ 1 0 は、「頭をなでられた」という情報認識情報 D 1 が供給されると、感情・本能モデル部 5 1 によって「うれしい」という感情・本能状態情報 D 2 を生成し、当該感情・本能状態情報 D 2 を行動決定機構部 5 2 に供給するが、この状態において、「手が目の前にある」という情報認識情報 D 1 が供給されると、行動決定機構部 5 2 において上述の「うれしい」という感情・本能状態情報 D 2 と「手が目の前にある」という情報認識情報 D 1 とに基づいて「喜んでおてをする」という行動指令情報 D 5 を生成させ、これを姿勢遷移機構部 5 3 に送出させるようになっている。

一方、例えばコントローラ 1 0 は、「バッテリー 1 1 の残量がほとんどない」という情報認識情報 D 1 が供給されると、感情・本能モデル部 5 1 によって「お腹がすいた」という感情・本能状態情報 D 2 を生成し、当該感情・本能状態情報 D

2 を行動決定機構部 5 2 に供給するが、この状態において、「ペットロボット 2 の内部温度が異常に高い」という情報認識情報 D 1 が供給されると、行動決定機構部 5 2 において上述の「お腹がすいた」という感情・本能状態情報 D 2 と「体を冷やしたい」という情報認識情報 D 1 とに基づいて「立ち上がってアピールする」という行動指令情報 D 5 を生成させ、これを姿勢遷移機構部 5 3 に送出させるようになされている。

図 1 1 において、姿勢遷移機構部 5 3 は、行動決定機構部 5 2 から供給される行動指令情報 D 5 に基づいて現在の姿勢から次の姿勢に遷移させるための姿勢遷移情報 D 6 を生成し、これを制御機構部 5 4 に送出する。この場合、現在の姿勢から次に遷移可能な姿勢は、例えば胴体や手や足の形状、重さ、各部の結合状態のようなペットロボット 2 の物理的形状と、例えば関節が曲がる方向や角度のようなアクチュエータ  $5A_{A_1} \sim 7A_1$  及び  $7A_2$  の機構とによって決定される。

ところでこのような遷移可能な姿勢は、現在の姿勢から直接遷移可能な姿勢と直接には遷移できない姿勢とに分類される。例えば 4 本足のペットロボット 2 は、手足を大きく投げ出して寝転んでいる状態から伏せた状態へ直接遷移することはできるが、立った状態へ直接遷移することはできず、一旦手足を胴体近くに引き寄せて伏せた姿勢になり、それから立ち上がるという 2 段階の動作が必要である。また安全に実行できない姿勢も存在する。例えば 4 本足のペットロボットは、立っている姿勢で両前足を挙げてバンザイをしようとする、簡単に転倒してしまう場合である。

従って姿勢遷移機構部 5 3 は、遷移可能な姿勢を予め登録しておき、行動決定機構部 5 2 から供給された行動指令情報 D 5 が直接遷移可能な姿勢を示す場合には、当該行動指令情報 D 5 をそのまま姿勢遷移情報 D 6 として制御機構部 5 4 に送出する一方、直接遷移不可能な姿勢を示す場合には、遷移可能な他の姿勢に一旦遷移した後に目的の姿勢まで遷移させるような姿勢遷移情報 D 6 を生成して制御機構部 5 4 に送出する。これによりペットロボット 2 は、遷移不可能な姿勢を無理に実行しようとする事態や転倒するような事態を回避することができる。

具体的には姿勢遷移機構部 53 は、ベットロボット 2 がとり得る姿勢を予め登録すると共に、遷移可能な 2 つの姿勢の間を記録しておくようになされている。

例えば図 18 に示すように、姿勢遷移機構部 53 は、ベットロボット 2 がとり得る姿勢をノード NODE 1 ～ NODE 5 として表現し、遷移可能な 2 つの姿勢の間すなわちノード NODE 1 ～ NODE 5 間を有向アーク ARC 1 ～ ARC 10 で結合した有向グラフ 80 と呼ばれるアルゴリズムを用いている。

姿勢遷移機構部 53 は、行動決定機構部 52 から行動指令情報 D 5 が供給されると、現在の姿勢に対応したノード NODE と、行動指令情報 D 5 が示す次取るべき姿勢に対応するノード NODE とを結ぶように、有向アーク ARC の向きに従いながら現在のノード NODE から次のノード NODE に至る経路を探索し、当該探索した経路上にあるノード NODE を順番に記録することにより、姿勢遷移の計画を行うようになされている。これによりベットロボット 2 は、遷移不可能な姿勢を無理に実行しようとする事態や転倒するような事態を回避しながら、行動決定機構部 52 から指示された行動を実現することができる。

姿勢遷移機構部 53 は、例えば現在の姿勢が「ふせる」という姿勢を示すノード NODE 2 にある場合、「すわれ」という行動指令情報 D 5 が供給されると、「ふせる」という姿勢を示すノード NODE 2 から「すわる」という姿勢を示すノード NODE 5 へは直接遷移可能であることを利用して、「すわれ」という姿勢遷移情報 D 6 を制御機構部 54 に与える。

これに対して姿勢遷移機構部 53 は、「歩け」という行動指令情報 D 5 が供給されると、「ふせる」というノード NODE 2 から「あるく」というノード NODE 4 に至る経路を探索することにより姿勢遷移計画を行い、その結果、「たて」という指示を出した後に「歩け」という指示を出すような姿勢遷移情報 D 6 を生成して制御機構部 54 に送出する。

図 11 において制御機構部 54 は、姿勢遷移情報 D 6 を基にアクチュエータ 5 AA<sub>1</sub> ～ 7 A<sub>1</sub> 及び 7 A<sub>2</sub> を駆動させるための制御信号 S 10 を生成し、これをアクチュエータ 5 AA<sub>1</sub> ～ 7 A<sub>1</sub> 及び 7 A<sub>2</sub> に送出して当該アクチュエータ 5 A

$A_1 \sim 7 A_1$  及び  $7 A_2$  を駆動させることにより、ペットロボット 2 に所望の動作を行わせるようになされている。

#### (5) 充電要求処理手順 R T 1

実際にこのペットロボット 2 内のコントローラ 10 は、動作時、図 19 に示す充電要求処理手順 R T 1 をステップ S P 0 から入り、続くステップ S P 1 において、ペットロボット 2 に内蔵されたバッテリー 11 の残量をバッテリーセンサ 12 によって検出させる。

続いてコントローラ 10 は、ステップ S P 2 に進んでバッテリー 11 の残量が 20 [%] 以下の「Low-Low」であるか否かを判断する。このステップ S P 2 において否定結果が得られると、このことはバッテリー 11 の残量が 80 [%] 以上の「Full」、80～50 [%] の「Middle-Full」、50～25 [%] の「Middle」又は 25～20 [%] の「Low」のいずれかであることを表しており、このときコントローラ 10 は、バッテリー 11 の残量の各段階に応じてペットロボット 2 の行動を制御した後、再度ステップ S P 1 に戻る。

この場合コントローラ 10 は、バッテリー 11 の残量が 80 [%] 以上の「Full」のときには歩きの歩幅や速度が比較的大きくなるように制御し、またバッテリー 11 の残量が 80～20 [%] すなわち「Middle-Full」から「Middle」を経て「Low」になるに連れて、ペットロボット 2 の運動量を残量が減少するに連れて低減させるように各ユニット 5 A～5 D、6、7 を制御する。これに対してステップ S P 2 において否定結果を得ると、コントローラ 10 は、ステップ S P 4 に進んで、ペットロボット 2 を上述したステーション移行姿勢に変化させると共にユーザに充電欲をアピールした後、ステップ S P 5 に進んで当該充電要求処理手順 R T 1 を終了する。

具体的にコントローラ 10 は、ペットロボット 2 をステーション移行姿勢となるように各脚部ユニット 5 A～5 D を駆動制御すると共に、尻尾部ユニット 7 を駆動制御して尻尾部を所定の方向、振幅及び速度で揺動させながら、頭部ユニット 6 を駆動制御して「目」の位置に設けられた L E D を所定の発光パターンで点

減させると同時に「耳」の位置に内蔵されたスピーカ 18 から所定の警告音（例えば「お腹がすいたよ～」など）を出力させる。

#### （6）内部温度調整処理手順 R T 2

実際にこのペットロボット 2 内のコントローラ 10 は、動作時、図 20 に示す内部温度調整処理手順 R T 2 をステップ S P 10 から入り、続くステップ S P 11 において、ペットロボット 2 における胴体部ユニット 4 の内部温度を熱センサ 13 によって検出させる。

続いてコントローラ 10 は、ステップ S P 12 に進んでペットロボット 2 の内部温度が所定の危険温度（例えば 60〔℃〕すなわち一般的な 2 次電池の使用耐熱温度）に達したか否かを判断し、否定結果が得られたときには再度ステップ S P 11 に戻る一方、肯定結果が得られたときにはステップ S P 13 に進む。

このステップ S P 13 において、コントローラ 10 は、ペットロボット 2 が現在「伏せ」又は「腹ばい」の姿勢にあるか否かを判断し、肯定結果が得られたときにはステップ S P 14 に進んで、ペットロボット 2 の各脚部ユニット 5 A～5 D を駆動制御して「立ち上がる」姿勢となるように移行させた後、再度ステップ S P 11 に戻って上述と同様の処理を繰り返す。

これに対してステップ S P 13 において否定結果が得られると、このことはペットロボット 2 について、胴体部ユニット 4 に内蔵されたバッテリー 11 が故障したか、又は当該胴体部ユニット 4 に何か物体が付着若しくは巻き付いたために排出口 4 A X 及び又は吸入口 4 B X が閉塞状態にあることを表しており、このときコントローラは、ステップ S P 15 に進んで、ペットロボット 2 に「トラブル発生」の旨をユーザにアピールした後、再度ステップ S P 11 に戻って上述と同様の処理を繰り返す。

具体的にコントローラ 10 は、ペットロボット 2 を直立不動状態となるように各脚部ユニット 5 A～5 D 及び尻尾部ユニット 7 を駆動制御すると共に、頭部ユニット 6 を駆動制御して「目」の位置に設けられた L E D を所定の発光パターンで点滅させると同時に「耳」の位置に内蔵されたスピーカ 18 から所定の警告音

を出力させる。

(7) 本実施の形態による動作及び効果

以上の構成において、このペットロボット2では、ユーザが「たたく」や「なでる」などの動きかけを行ったり、ユーザが「歩け」や「伏せ」などの音声を口頭で又はサウンドコマンドを用いて発生したり、行動範囲に色や形状に特徴のある物を配置したりすることにより、これらの認識結果を本物の動物が抱く種々の感情に変換する。

このときペットロボット2では、「うれしさ」、「悲しさ」及び「怒り」の感情をその強度に応じて、各脚部ユニット5A～5D、頭部ユニット6及び尻尾部ユニット7の各アクチュエータ5A<sub>1</sub>～7A<sub>1</sub>及び7A<sub>2</sub>を駆動制御することにより、本物の動物が行う感情表現と同じ姿勢及び動作を行う。

特に尻尾部ユニット7は、上述したように、ベース部7B内のギアボックス22に接続された尻尾部7Tが上下及び左右方向にのみならず旋回方向にも揺動させることができると共に、上下方向に所望状態で湾曲させたまま静止させることもできる。従って、尻尾部ユニット7では、様々な感情表現を、尻尾部7Tの揺動又は湾曲方向、揺動時の振幅及びその速度、湾曲時の静止位置、並びに瞬間的な動きなどに基づいて表現させることができる。

例えばペットロボット2が「うれしさ」を表現する場合、尻尾部ユニット7では、尻尾部7Tを左右方向に「うれしさ」の度合いに比例した振幅及び速度で揺動させる。また「悲しさ」を表現する場合、尻尾部ユニット7では、尻尾部7Tを下方向に垂れ下がっているように湾曲した状態で静止させる。さらに「怒り」を表現する場合、尻尾部ユニット7では、尻尾部7Tを上下方向に「怒り」の度合いに比例した振幅及び速度で揺動させる。

従ってこのペットロボット2では、様々な感情表現を尻尾部ユニット7の尻尾部7Tの動作及び姿勢に反映させることができ、この結果ユーザに対してより一層の親近感や満足感を与えることができる。

さらに以上の構成において、このペットロボットシステム1では、ペットロボ

ット2の動作中に、胴体部ユニット4に内蔵されたバッテリー11の残量を段階的に検出しながら、当該各段階へと残量が減少するに連れてペットロボット2の運動量が低減するように各ユニット5A～5D、6、7の動作を制御することにより、バッテリー11の電力の消費を節約することができる。

やがてバッテリーの残量が最低段階まで減少したとき、各脚部ユニット5A～5Dを駆動制御してペットロボット2をステーション移行姿勢に変化させると共に、頭部ユニット6及び又は尻尾部ユニット7を駆動制御してLEDを所定の発光パターンで点滅させたり、スピーカ18から所定の警告音を出力させたり、さらには尻尾部7を所定の方向、振幅及び速度で揺動させたりすることによって、ペットロボット2はバッテリー11の残量がほとんどない旨を直接ユーザに通知することができる。この結果、ペットロボット2があたかも本物の動物のように食欲を促している様子をユーザに伝えることができる一方、突然ペットロボット2が停止して死んだような状態になるのを未然に防止することができる。

またこのペットロボットシステム1では、ペットロボット2の動作中に胴体部ユニット4の内部温度を検出しながら、ペットロボット2が現在「伏せ」又は「腹ばい」の姿勢にあるときに内部温度が所定の危険温度に達した場合には、各脚部ユニット5A～5Dを駆動制御してペットロボット2を「立ち上がる」姿勢に移行させることにより、ペットロボット2が自発的に胴体部ユニット4の内部温度を換気することができる。この結果、ペットロボット2が故障するのを自らの動作によって未然に回避することができる。

これに対してペットロボットが現在「伏せ」又は「腹ばい」の姿勢にないときに内部温度が所定の危険温度に達した場合には、頭部ユニット6及び又は尻尾部ユニット7を制御してLEDを所定の発光パターンで点滅させたり、スピーカ18から所定の警告音を出力させたり、さらには尻尾部7を所定の方向、振幅及び速度で揺動させることにより、ペットロボット2が危険状態にある旨を直接ユーザに通知することができる。この結果、ペットロボット2が自己の動作では回避し得ない場合でも故障する可能性を格段と低減することができる。

以上の構成によれば、このペットロボット2において、ユーザからの働きかけや、指令の入力及び自己の行動に基づいて、本物の動物が抱く感情として変換した後、当該感情を尻尾部ユニット7の尻尾部7Tの動作及び姿勢で表現させるようにしたことにより、より一層の親近感や満足感をユーザに与えることができ、かくしてアミューズメント性を格段と向上させ得るペットロボット2を実現できる。

またこのペットロボットシステム1において、ペットロボット2の動作中に、胴体部ユニット4に内蔵されたバッテリー11の残量がほとんどなくなったことを検出した場合、ペットロボット2をステーション移行姿勢に変化させると共に、頭部ユニット6及び又は尻尾部ユニット7を駆動制御してその旨を態度で表現させてユーザに通知するようにしたことにより、あたかも本物の動物のように食欲を促している様子を親近感や満足感としてユーザに与えることができ、かくしてアミューズメント性を格段と向上し得るペットロボットシステム1を実現できる。

さらにこのペットロボットシステム1において、ペットロボット2の動作中に、胴体部ユーザ4の内部温度が所定の危険温度に達した場合、ペットロボット2が現在「伏せ」又は「腹ばい」の姿勢にあるときには「立ち上がる」姿勢に移行させる一方、それ以外のときには頭部ユニット6及び又は尻尾部ユニット7を駆動制御してその旨を態度で表現させてユーザに通知するようにしたことにより、ペットロボット2の内部でバッテリー11が故障するのを未然に防止することができ、かくして安全性を確保し得るペットロボットシステム1を実現できる。

#### (8) 他の実施の形態

なお上述の実施の形態においては、一端が少なくとも1軸以上の方向に回転自在に連結された可動部として、ペットロボット2における尻尾部ユニット7の尻尾部7Tを適用した場合について述べたが、本発明はこれに限らず、昆虫のようなロボットの場合には触覚を適用しても良く、要はロボットにおいて種々の動作（湾曲、揺動及び又は旋回等）を行うことができれば、その他の可動部に広く適

用することができる。

また上述の実施の形態においては、尻尾部ユニット 7 の尻尾部 7 T を動作する動作制御手段として、コントローラ 10 と当該コントローラ制御に応じて駆動するベース部 7 B 内のアクチュエータ 7 A<sub>1</sub>、7 A<sub>2</sub> と、当該ベース部 7 B 内の歯車伝動機構 2 1、ギアボックス 2 2 及びを適用した場合について述べたが、本発明はこれに限らず、この他種々の構成を広く適用することができる。

この場合、動作制御手段は、尻尾部 7 T の動作を決定するための入力情報として、マイクロホン 1 5、CCD カメラ 1 6 及びタッチセンサ 1 7 の認識結果からなる状態認識情報 D 1 を適用した場合について述べたが、本発明はこれに限らず、入力情報としてはこの他、ユーザからの働きかけの情報や、ペットロボット 2 の周囲の環境の情報を適用しても良い。

さらに上述の実施の形態においては、感情本能モデルを変化させることにより尻尾部ユニット 7 の尻尾部 7 T の動作を決定する感情本能モデル変化手段として、胴体部ユニット 4 内に設けられたコントローラ 10 及びメモリ 10 A を適用した場合について述べたが、本発明はこれに限らず、この他種々の構成を広く適用することができる。

さらに上述の実施の形態においては、尻尾部ユニット 5 の尻尾部 5 T の動作及び姿勢による感情表現として、「うれしさ」、「悲しさ」及び「怒り」の 3 種類のみを適用した場合について述べたが、本発明はこれに限らず、「驚き」、「恐怖」及び「嫌悪」などの種々の感情表現に適用しても良い。

この場合、図 1 2 において上述した基本情動群 6 0 を構成する情動ユニット 6 0 A ~ 6 0 C に、「驚き」、「恐怖」及び「嫌悪」などの情動を示す情動ユニットを追加すれば良い。このようにすると、例えばペットロボット 2 が「驚き」を表現する場合、尻尾部ユニット 7 では、尻尾部 7 T を一瞬だけ左右又は上下方向に「驚き」の度合いに比例した振幅で揺動させれば良い。また「恐怖」を表現する場合、尻尾部ユニット 7 では、尻尾部 7 T を水平方向に真っ直ぐな状態で静止させれば良い。さらに「嫌悪」を表現する場合、尻尾部ユニット 7 では、尻尾部 7

Tを「嫌悪」の度合いに比例した振幅及び速度で旋回させれば良い。

さらに感情表現のみならず、本能表現にも適用しても良い。この場合、例えば「空腹」又は「睡眠欲」を表現する場合、尻尾部7 Tを上述した「悲しさ」と同じ姿勢にさせれば良い。これとは逆に「満腹」又は「運動欲」を表現する場合、尻尾部7 Tを上述した「うれしさ」と同じようにその度合いに比例して動作させれば良い。

また尻尾部7 Tによる感情表現として、頭部ユニット6内のスピーカ18の発声音や「目」に相当するLED（図示せず）の発光パターンに同期させて所定の動作パターンで揺動させるようにすれば、ペットロボット2の表現力を格段と増大させることができる。

さらに上述の実施の形態においては、尻尾部ユニット7の尻尾部7 Tの動作及び姿勢で表現させる内容として、マイクロホン15、CCDカメラ16及びタッチセンサ17を用いて決定した本物の動物が抱く種々の感情表現を適用した場合について述べたが、本発明はこれに限らず、ペットロボット2を構成する各種ハードウェアの状態表現に適用しても良い。

この場合、尻尾部ユニット7では、ペットロボット2を構成する種々のハードウェアの状態を、尻尾部7 Tの揺動又は湾曲方向、揺動時の振幅及びその速度、湾曲時の静止位置、並びに瞬間的な動きなどに基づいて表現させるようにすれば良く、この結果動物的な反応をユーザに提示することによって親近感や満足感をユーザに与えることができる。

例えばペットロボット2において、尻尾部ユニット7を除いた各ユニット4、5 A～5 D、6内でマイクロホン15やCCDカメラ16の入力がない場合や部品が外れた場合などのように各回路間での接続不良を検出したとき、又は各ユニット4、5 A～5 D、6内でサーボ系や種々のセンサに異常が発生したことを検出したとき、又は胴体部ユニット4内の内部センサ部14が内部で過熱状態であると検出したとき、又は胴体部ユニット4内の内部センサ部14がバッテリー11の残量が少ないことを検出したとき、さらにはペットロボット2の足場が不安定

で転倒するおそれがあることを事前に検出したとき、メモリ 10 A に格納されたプログラムが中止したときには、尻尾部 7 T を例えば、振幅を大きく周期も速くというように通常の動作時には行わないような動きを行わせれば良い。

さらにベットロボット 2 に図示しない外部気温測定部を設けておき、その測定結果に応じて尻尾部 7 T を所望の姿勢及び動作を行わせるようにしても良い。さらに胴体部ユニット 4 内のコントローラ 10 がメモリ 10 A に対してプログラムの書込み時又は読出し時に、尻尾部 7 T を所望の姿勢及び動作を行わせるようにしても良い。さらには胴体部ユニット 4 内に図示しない通信手段を設け、当該通信手段を介してデータの送受信を行っている間のみ尻尾部 7 T を所望の姿勢及びデータの伝送量や通信状態等に応じて振るなどの動作を行わせるようにしても良い。

さらに上述の実施の形態においては、図 2 のように構成された 4 足歩行型のロボットに適用するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、バッテリー 11 等の動力源が内蔵されているロボットなど、この他種々の構成のロボットに広く適用することができる。また尻尾部ユニット 7 の尻尾部 7 T 以外にも、頭部ユニット 6 内に少なくとも 1 本以上の触角（図示せず）を設け、尻尾部 7 T と同様に動作させるようにしても良い。

さらに上述の実施の形態においては、有限オートマトン 70 と呼ばれるアルゴリズムを用いて次の行動を決定するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、ステートの数が有限でないステートマシンと呼ばれるアルゴリズムを用いて行動を決定するようにしても良く、この場合、状態認識情報 D 1 が供給されるごとに新たにステートを生成し、当該生成したステートに応じて行動を決定すれば良い。さらに現在供給された状態認識情報 D 1 とそのときのステートとに基づいて複数のステートを遷移先の候補として選定し、当該選定された複数のステートのうち遷移先のステートを乱数によってランダムに決定するような確率有限オートマトンと呼ばれるアルゴリズムを用いて行動を決定するようにしても良い。

さらに上述の実施の形態においては、バッテリー 11 の残量を検出するバッテリー残量検出手段として、胴体部ユニット 4 の内部センサ部 14 を構成するバッテリーセンサ 20 を適用した場合について述べたが、本発明はこれに限らず、この他種々の構成のものを適用しても良い。

さらに上述の実施の形態においては、バッテリー 11 の残量が所定レベル以下になったとき、ペットロボット 2 を所定の姿勢に遷移し及び又は所定の動作を発現させる動作制御手段として、コントローラ 10 を適用した場合について述べたが、本発明はこれに限らず、メモリ 10A から読み出した感情・本能モデル部 51 に基づいて、頭部ユニット 6 及び又は尻尾部ユニット 7 を駆動制御してその旨を態度で表現させてユーザに通知することができれば、この他種々の構成のものを広く適用しても良い。

さらに上述の実施の形態においては、バッテリー 11 の残量が所定レベル以下になったとき、ペットロボット 2 をステーション移行姿勢に遷移させるようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、充電に適した姿勢であればこの他種々の姿勢でも良い。

さらに上述の実施の形態においては、バッテリー 11 の残量を 5 段階レベルで検出し、当該各段階に応じてペットロボット 2 の動作を低減させるようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、ペットロボット 2 を所定の姿勢に遷移し及び又は所定の動作を発現させるためのバッテリー 11 の残量を自由に設定しても良い。

また上述の実施の形態においては、胴体部ユニット 4 の内部温度を検出する温度検出手段として、胴体部ユニット 4 の内部センサ部 14 を構成する熱センサ 13 を適用した場合について述べたが、本発明はこれに限らず、この他種々の構成のものを適用しても良い。

さらに上述の実施の形態においては、胴体部ユニット 4 の内部温度が所定の温度以上になったとき、ペットロボット 2 を所定の姿勢に遷移し及び又は所定の動作を発現させる動き制御手段として、コントローラ 10 を適用した場合について

述べたが、本発明はこれに限らず、メモリ 10 A から読み出した感情・本能モデル部 5 1 に基づいて、各脚部ユニット 5 A ~ 5 D を駆動制御してその旨を態度で表現させてユーザに通知することができれば、この他種々の構成のものを広く適用しても良い。

さらに上述の実施の形態においては、胴体部ユニット 4 の内部温度が所定の温度以上になったとき、ペットロボット 2 を胴体部ユニット 4 が上昇する動作（すなわち「立ち上がる」姿勢）に遷移させるようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、胴体部ユニット 4 に形成された排気口 4 A X 及吸入口 4 B X からなる換気口が開放されるような動作であれば、種々の動作に遷移しても良い。

さらに上述の実施の形態においては、バッテリー 1 1 の残量の検出結果及び内部温度の検出結果に基づいて、ペットロボット 2 を所定の姿勢に遷移し又は所定の動作を発現するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、この他種々のペットロボット 2 の内部状態又は外部の環境に応じてペットロボット 2 の行動を制御するようにしても良い。

例えば、各アクチュエータ 5 A A<sub>1</sub> ~ 7 A<sub>2</sub> のギア比又は回転速度を最も効率の良い状態となるように選択してペットロボット 2 を動作させるようにしても良い。またバッテリー 1 1 の残量がなくなるにつれて、行動決定機構部 5 2 における有限オートマトンにおける状態の遷移過程のうち最もエネルギー効率の良い過程に遷移させるようにしても良い。さらに外部の温度を常時測定しながら、外の温度が上昇した場合に比較的涼しい方向に向かってペットロボット 2 を歩行動作させるようにしても良い。

#### 産業上の利用可能性

ロボット装置及びその制御方法において、ペットロボットやアミューズメントロボットなどに適用することができる。

## 請 求 の 範 囲

1. 一端が少なくとも 1 軸以上の方向に回転自在に連結された可動部を有するロボット装置において、

供給される入力情報に応じて上記可動部を動作する動作制御手段と、

上記動作に起因する感情本能モデルを有し、上記入力情報に基づいて上記感情本能モデルを変化させることにより上記可動部の上記動作を決定する感情本能モデル変化手段と

を具備することを特徴とするロボット装置。

2. 上記動作制御手段は、

上記一端を基準として湾曲、揺動及び又は旋回するように上記可動部を動作する

ことを特徴とする請求の範囲第 1 項に記載のロボット装置。

3. 上記入力情報は、

ユーザからの働きかけの情報、及び又は上記ロボット装置の周囲の環境の情報でなる

ことを特徴とする請求の範囲第 1 項に記載のロボット装置。

4. 一端が少なくとも 1 軸以上の方向に回転自在に連結された可動部を有するロボット装置において、

上記ロボット装置の内部状態を検出する検出手段と、

上記検出手段の検出結果に応じて上記可動部を動作する動作制御手段と

を具備することを特徴とするロボット装置。

5. 上記動作制御手段は、

上記一端を基準として湾曲、揺動及び又は旋回するように上記可動部を動作する

ことを特徴とする請求の範囲第4項に記載のロボット装置。

6. 上記検出手段は、

上記ロボット装置の内部状態として、上記ロボット装置内の各回路間の接続状態、上記ロボット装置内の駆動系及び又はセンサ系の稼働状態、上記ロボット装置内のバッテリーの残量状態、上記ロボット装置の歩行状態、並びに上記ロボット装置内の記憶手段に格納されたプログラムの起動状態のうち1以上の状態を検出する

ことを特徴とする請求の範囲第4項に記載のロボット装置。

7. 上記ロボット装置の周囲の気温を測定する気温測定手段を具備、

上記動作制御手段は、上記気温測定手段の測定結果に応じて上記可動部を動作する

ことを特徴とする請求の範囲第4項に記載のロボット装置。

8. 外部と通信する通信手段を具備、

上記動作制御手段は、上記通信手段のデータ伝送量及び又は通信状態に応じて上記可動部を動作する

ことを特徴とする請求の範囲第4項に記載のロボット装置。

9. 内蔵されたバッテリーを動力源とするロボット装置において、

上記バッテリーの残量を検出するバッテリー残量検出手段と、

上記バッテリー残量検出手段によって検出された上記バッテリーの残量が所定レベル以下になったとき、上記ロボット装置を所定の姿勢に遷移し及び又は所定の動作を発現させる動き制御手段と

を具えることを特徴とするロボット装置。

10. 上記所定の姿勢は、充電に適した姿勢でなることを特徴とする請求の範囲第9項に記載のロボット装置。

11. 上記バッテリー残量検出手段は、  
上記バッテリーの残量を段階的なレベルで検出し、  
上記動き制御手段は、  
上記バッテリー残量検出手段によって検出された各上記段階ごとに上記ロボット装置の上記所定の動作を低減させることを特徴とする請求の範囲第9項に記載のロボット装置。

12. 動力源が内蔵された胴体部を有し、当該胴体部の所定位置に換気口が形成されたロボット装置において、  
上記胴体部の内部温度を検出する温度検出手段と、  
上記温度検出手段によって検出された上記内部温度が所定の温度以上になったとき、上記ロボット装置を所定の姿勢に遷移し及び又は所定の動作を発現させる動き制御手段と  
を具えることを特徴とするロボット装置。

13. 上記所定の動作は、上記胴体部を上昇させる動作でなることを特徴とする請求の範囲第12項に記載のロボット装置。

14. 内蔵されたバッテリーを動力源とするロボット装置の制御方法において、  
上記バッテリーの残量を検出する第1のステップと、  
上記検出された上記バッテリーの残量が所定レベル以下になったとき、上記ロボット装置を所定の姿勢に遷移し及び又は所定の動作を発現させる第2のステップ

と

を具えることを特徴とするロボット装置の制御方法。

15. 上記第2のステップでは、

上記所定の姿勢は、充電に適した姿勢でなる

ことを特徴とする請求の範囲第14項に記載のロボット装置の制御方法。

16. 上記第1のステップでは、

上記バッテリーの残量を段階的なレベルで検出し、

上記第2のステップでは、

上記検出された各上記段階ごとに上記ロボット装置の上記所定の動作を低減させる

ことを特徴とする請求の範囲第14項に記載のロボット装置の制御方法。

17. 動力源が内蔵された胴体部を有し、当該胴体部の所定位置に換気口が形成されたロボット装置において、

上記胴体部の内部温度を検出する第1のステップと、

上記温度検出手段によって検出された上記内部温度が所定の温度以上になったとき、上記ロボット装置を所定の姿勢に遷移し及び又は所定の動作を発現させる第2のステップと

を具えることを特徴とするロボット装置の制御方法。

18. 上記第2のステップでは、

上記所定の動作は、上記胴体部を上昇させる動作でなる

ことを特徴とする請求の範囲第17項に記載のロボット装置の制御方法。

ペットロボットシステム

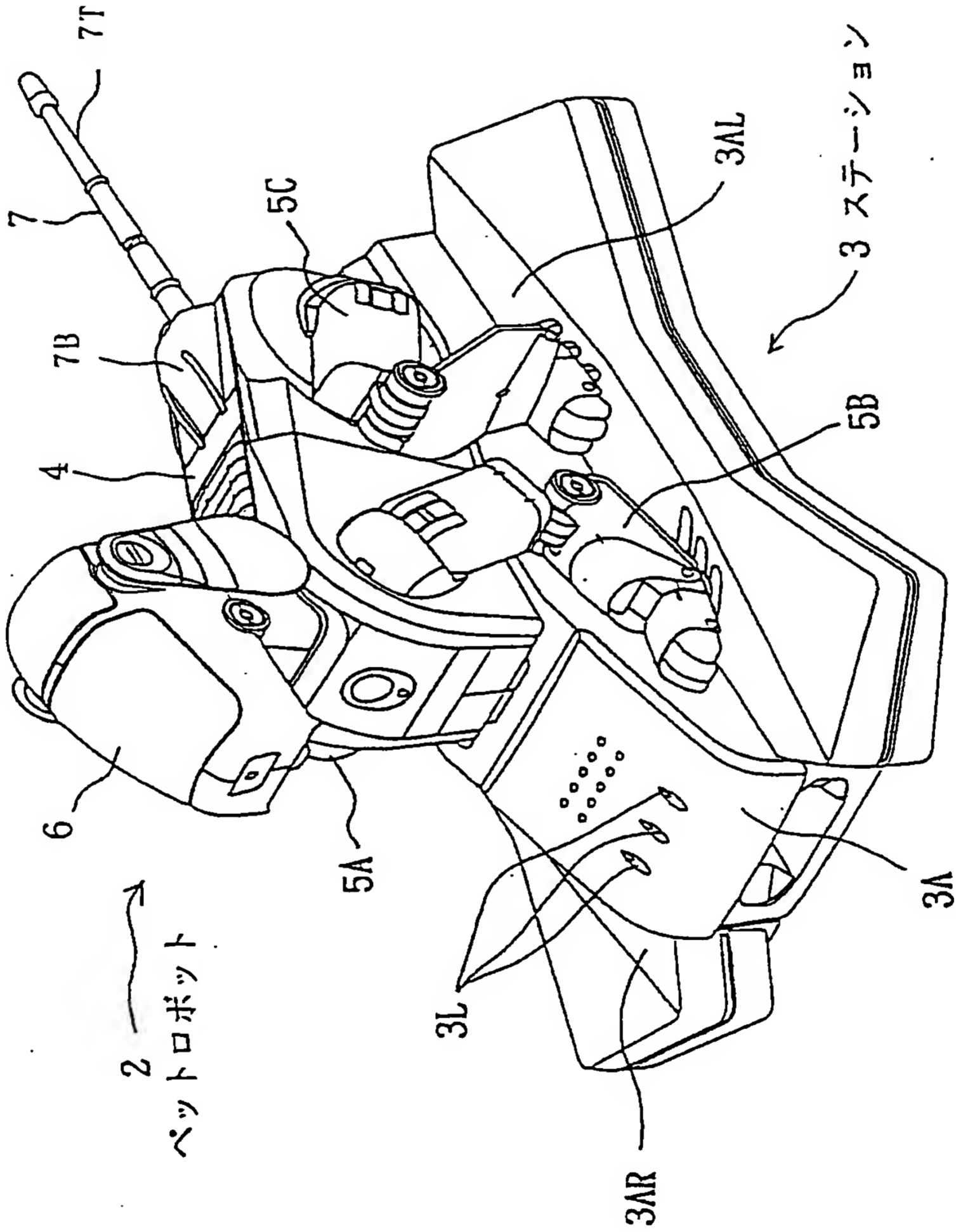


図 1

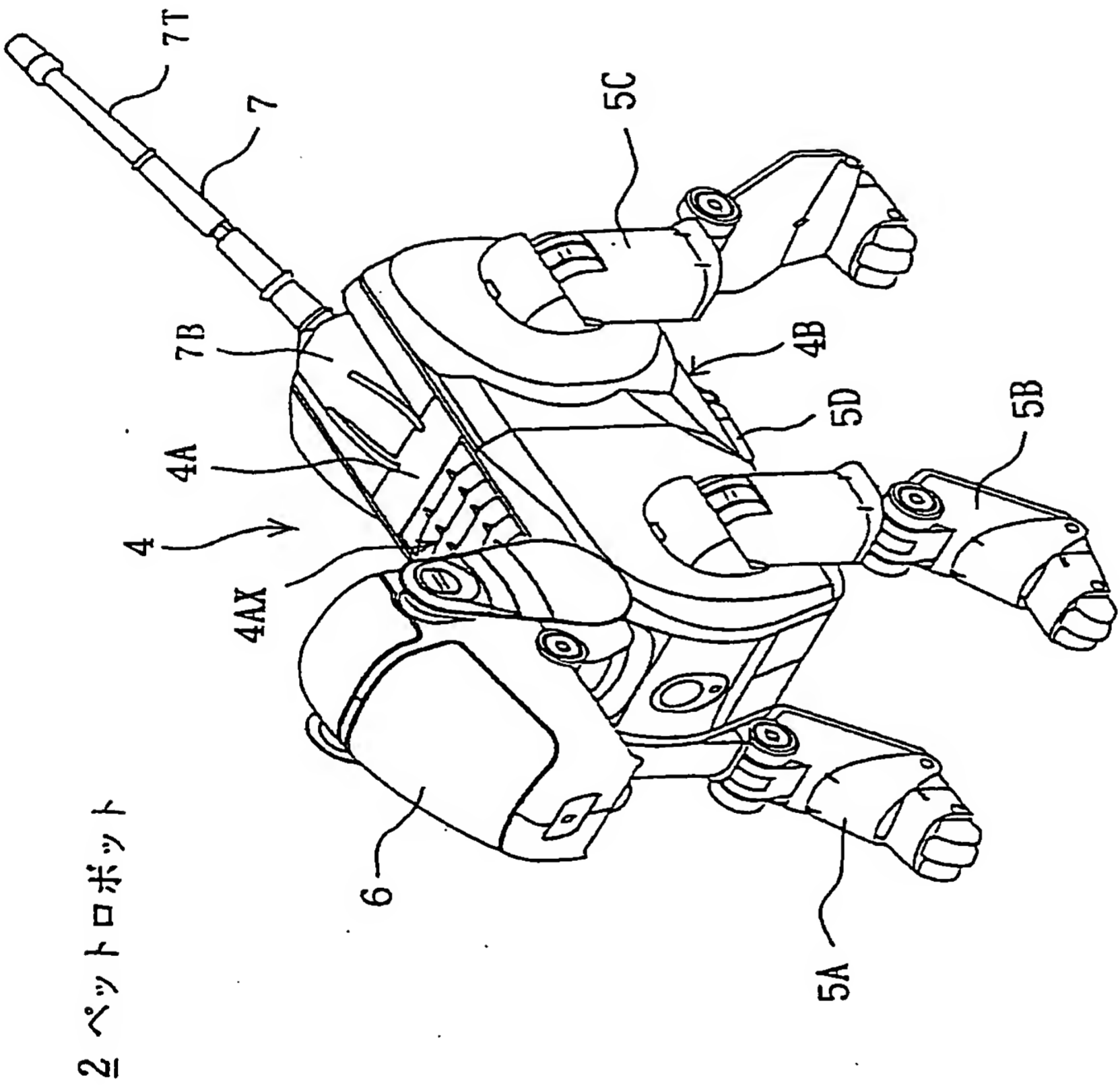


図 2

2 ペットロボット

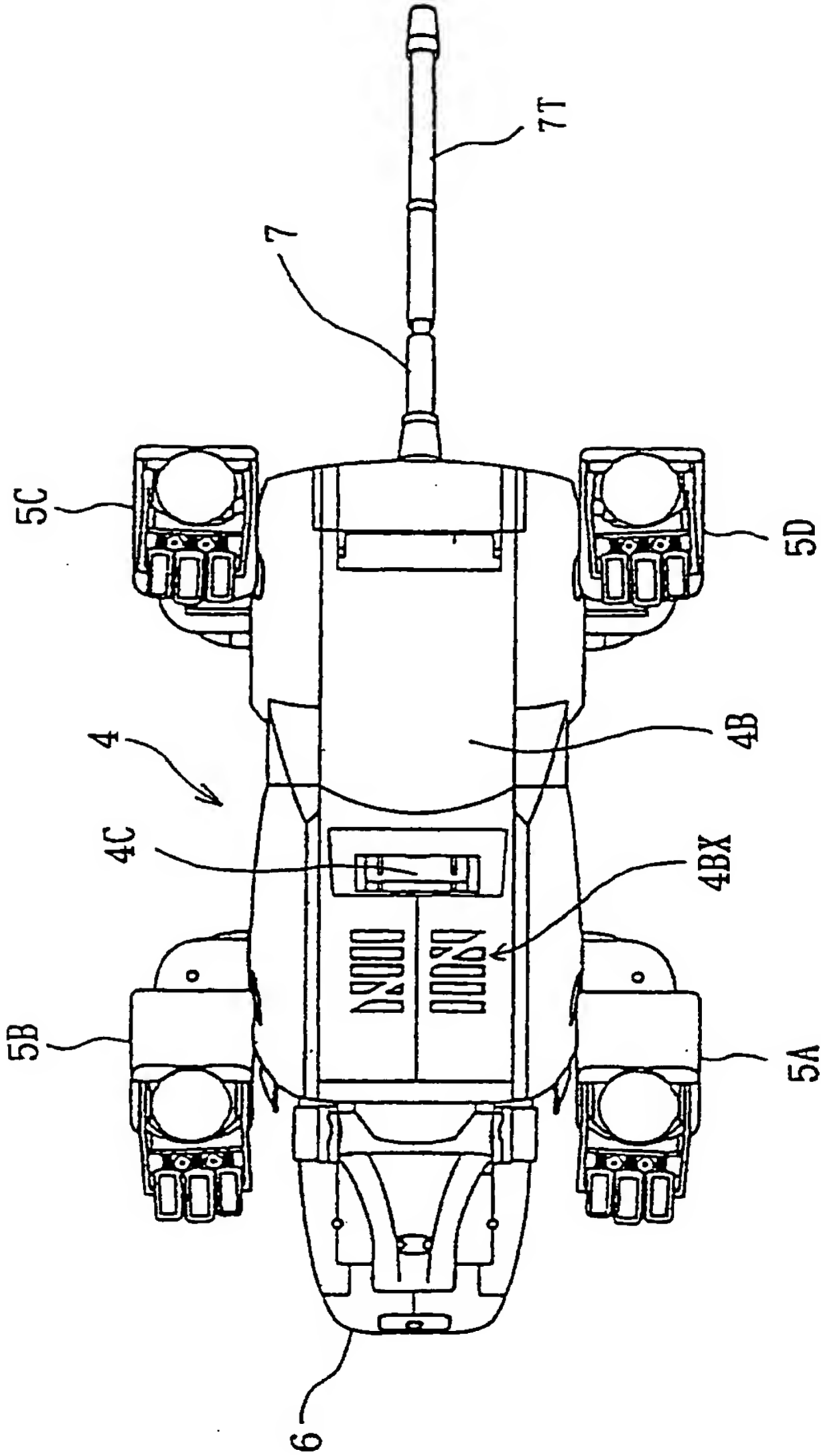


図 3



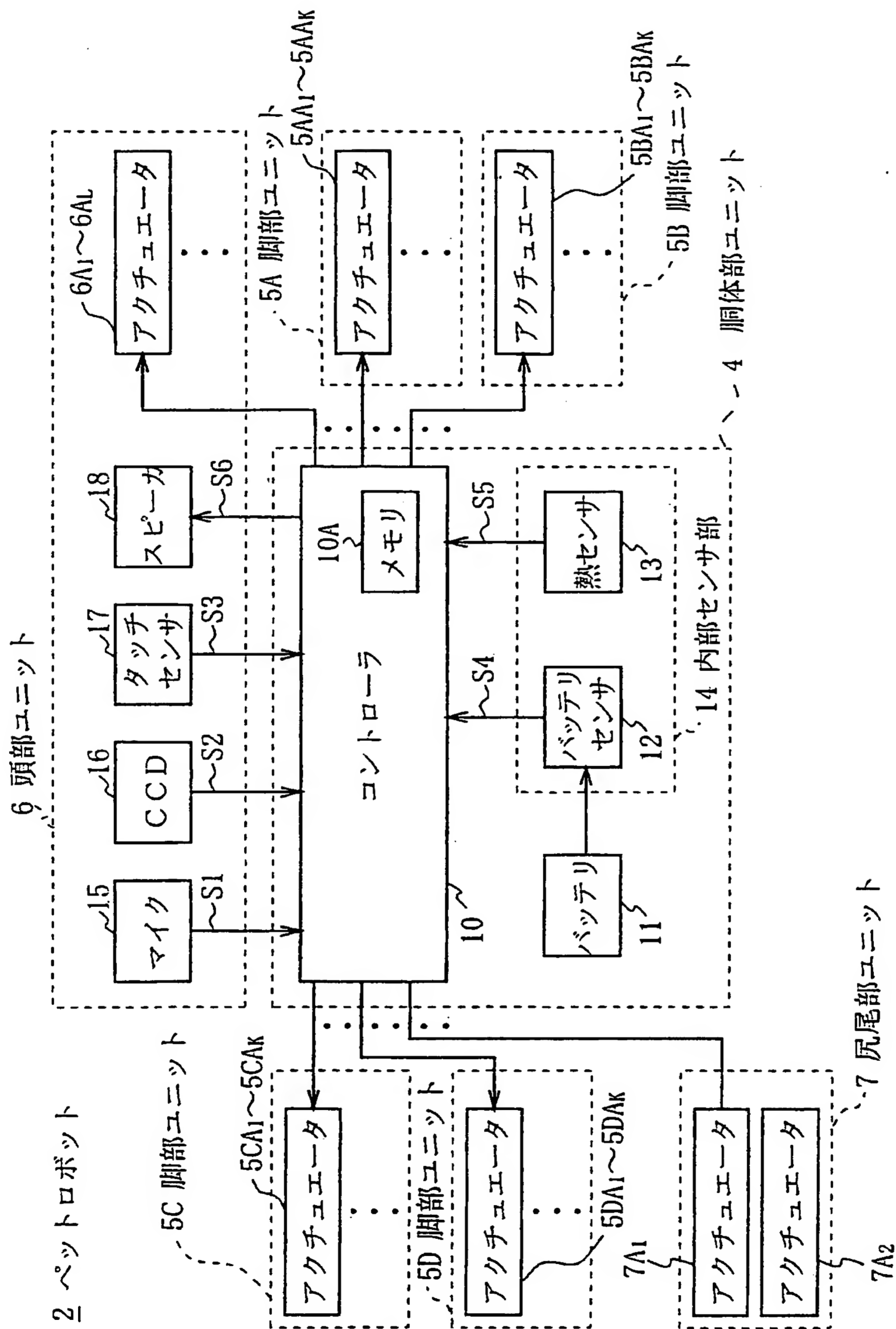


図 5

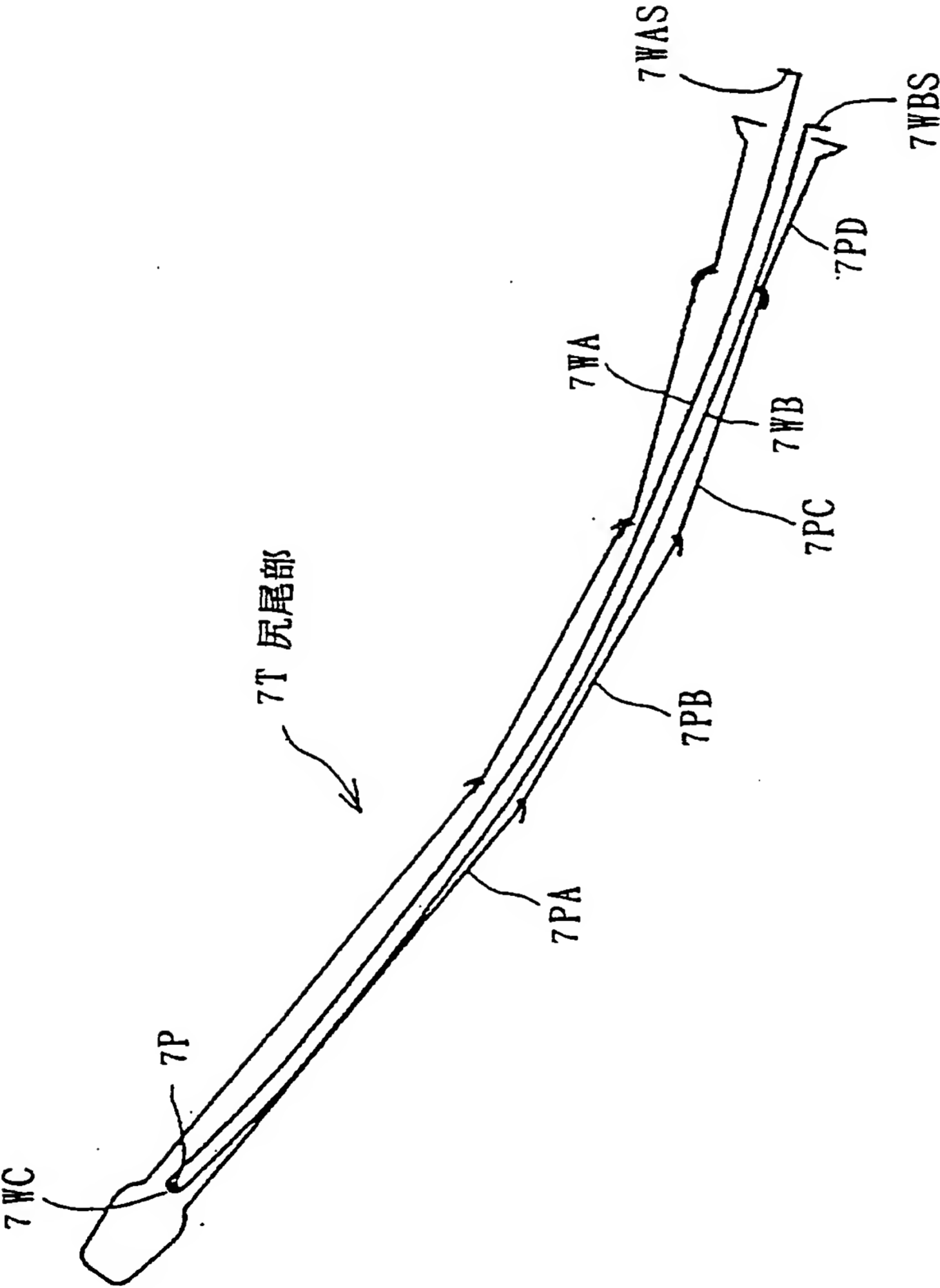


図 6

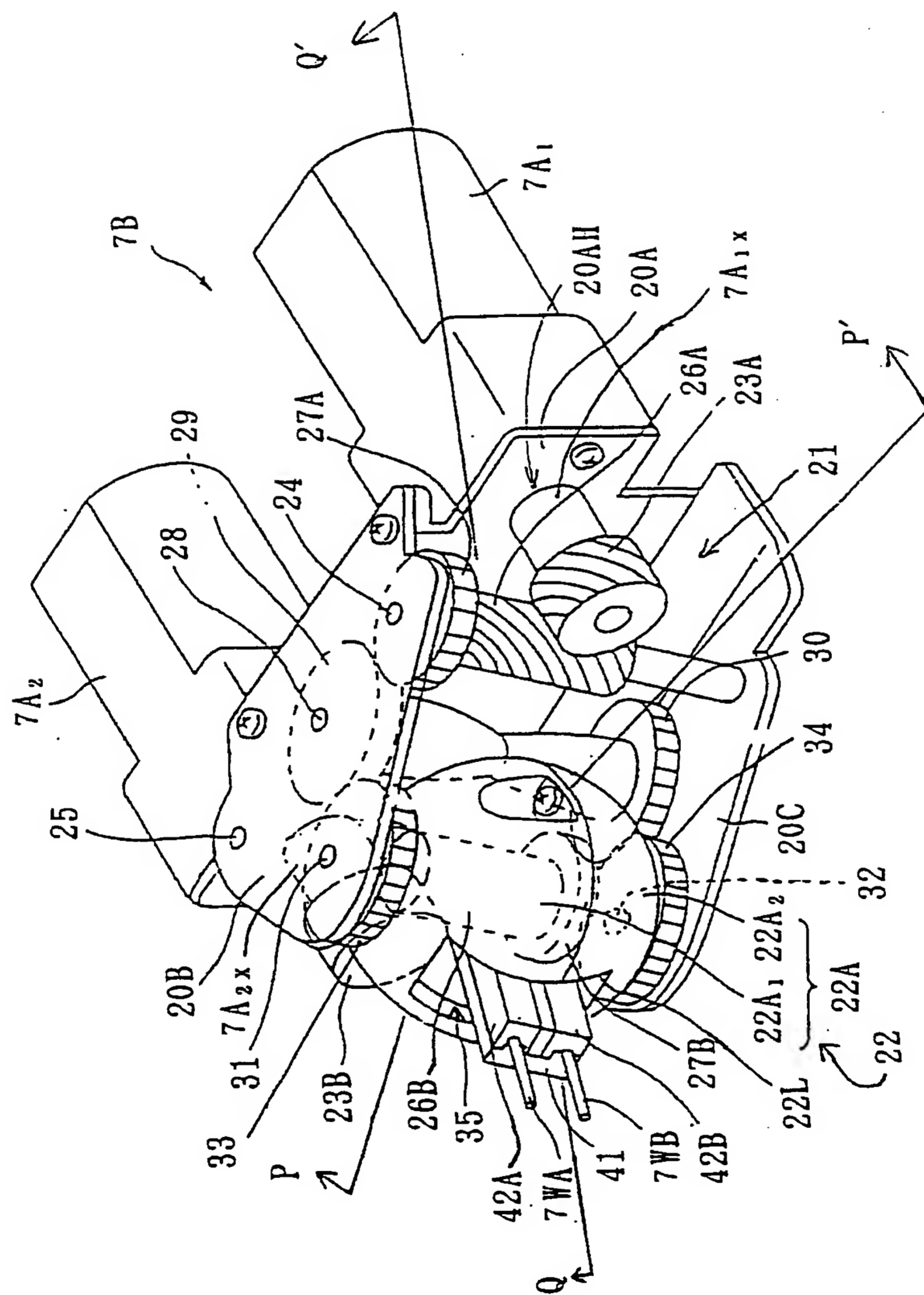


図 7

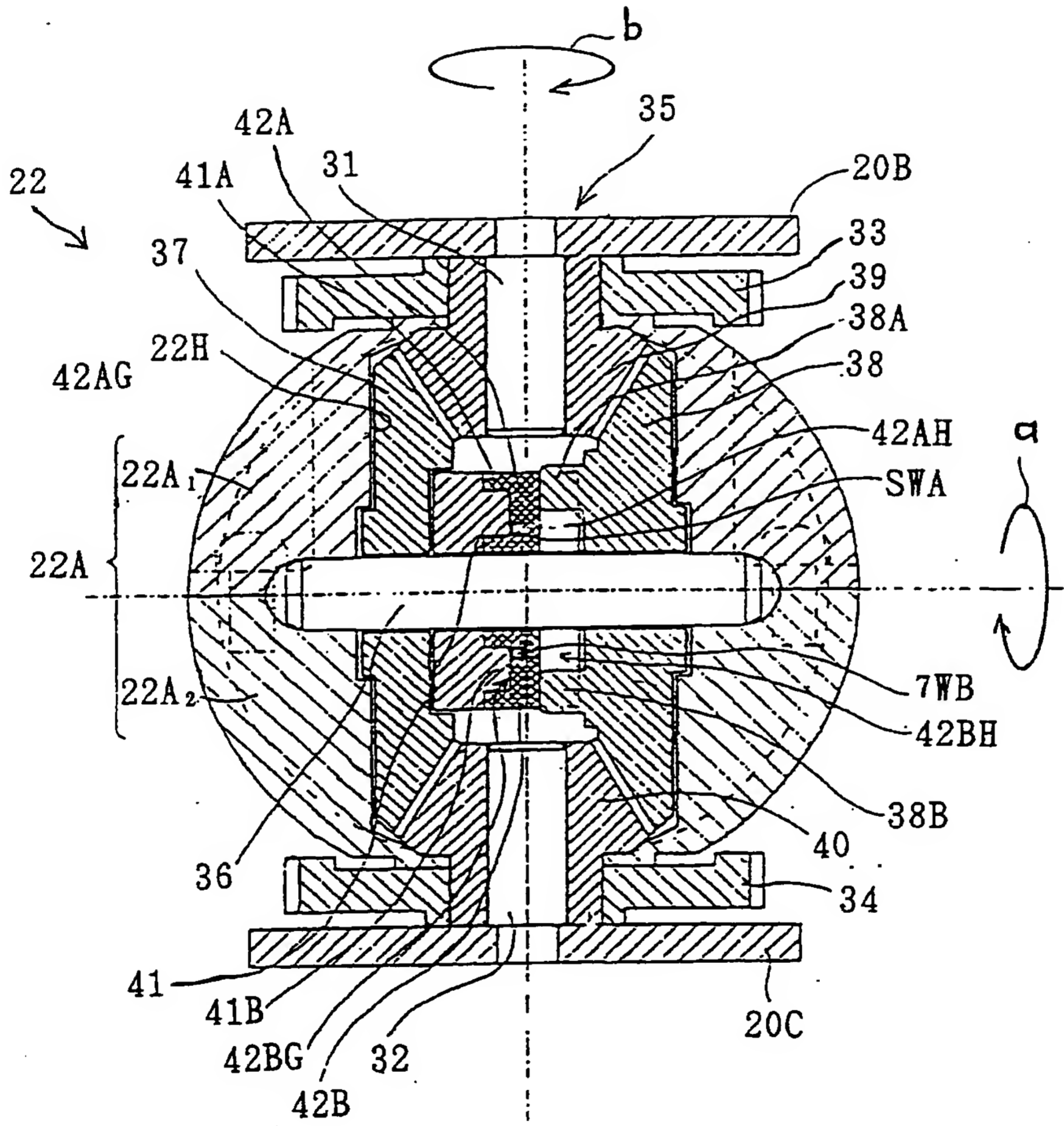


図 8

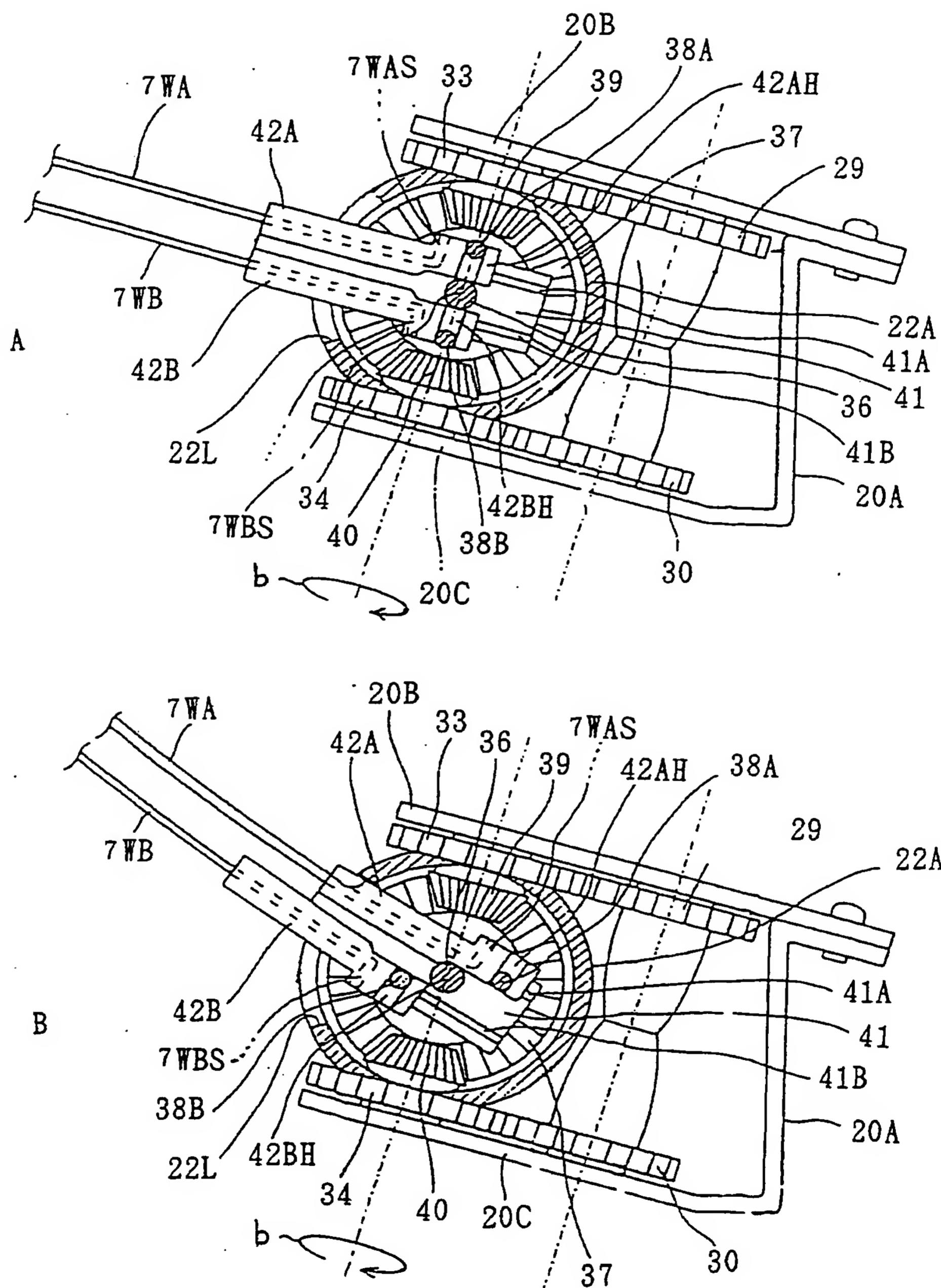


図 9

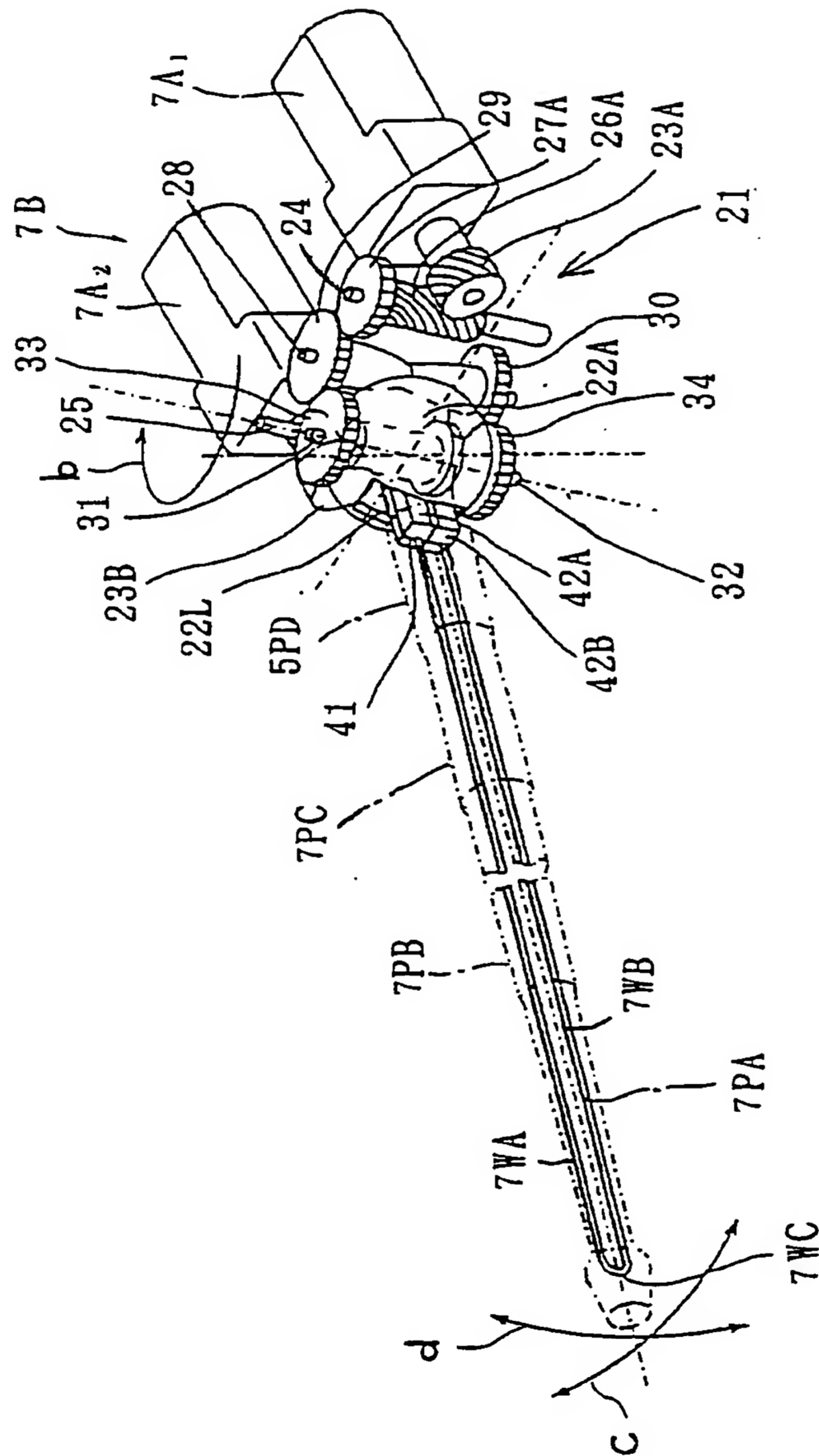


図 10

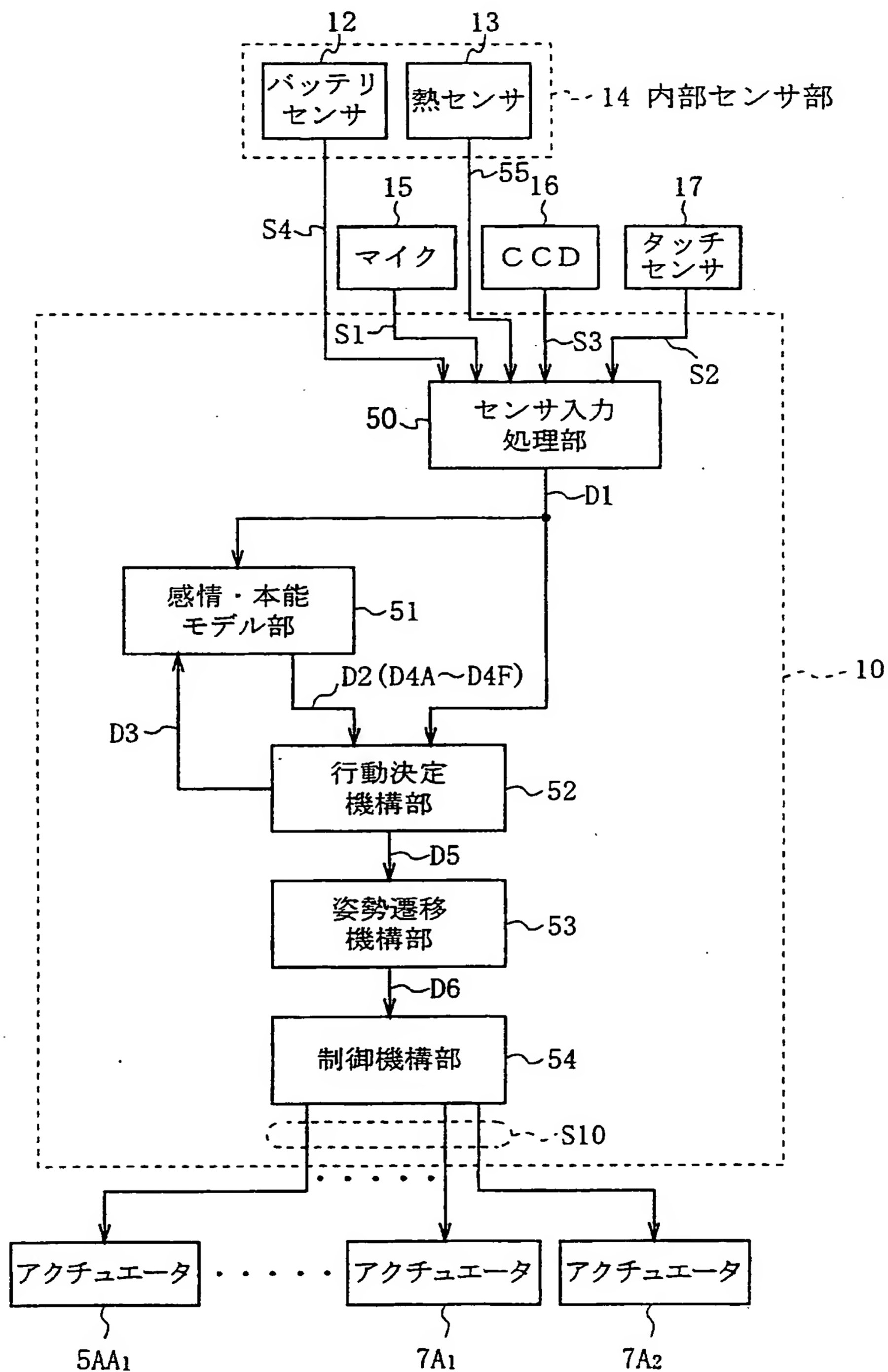


図 1 1

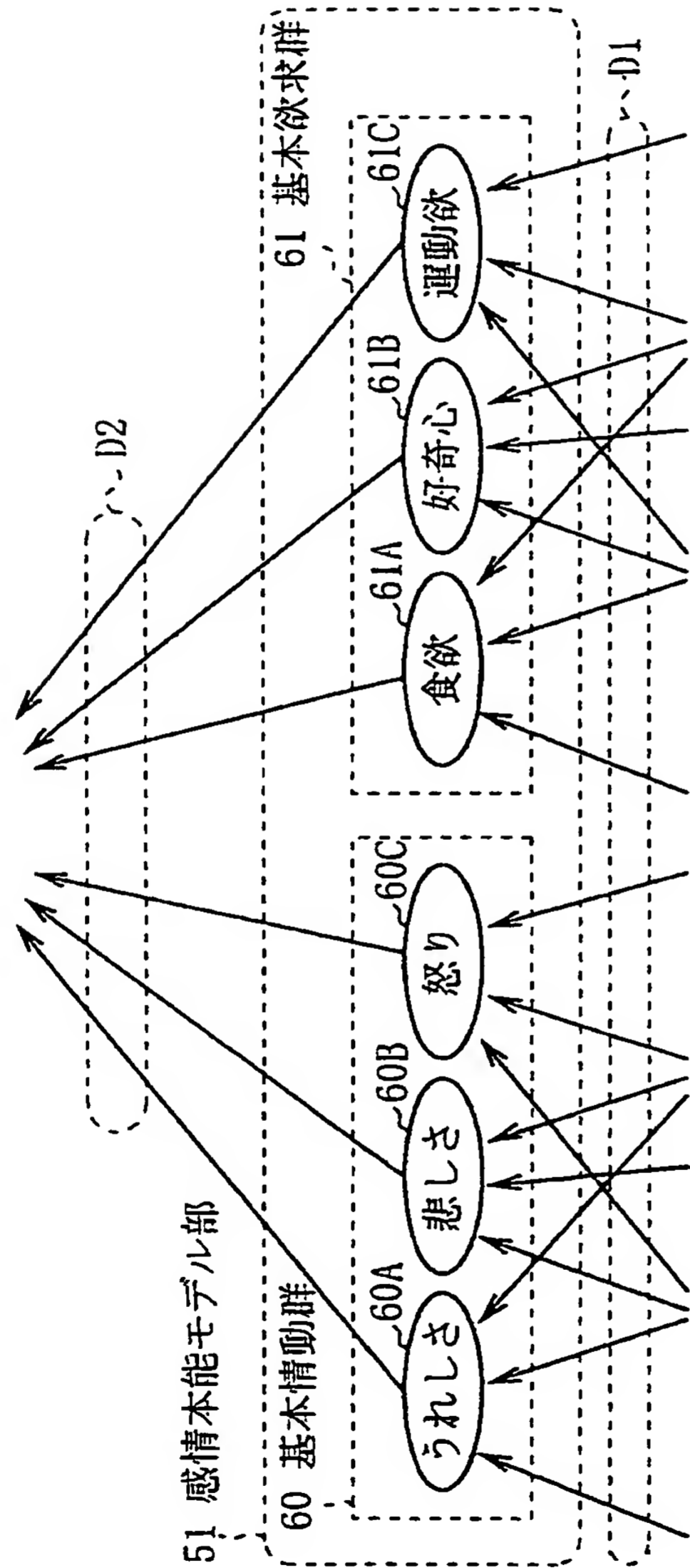


図 12

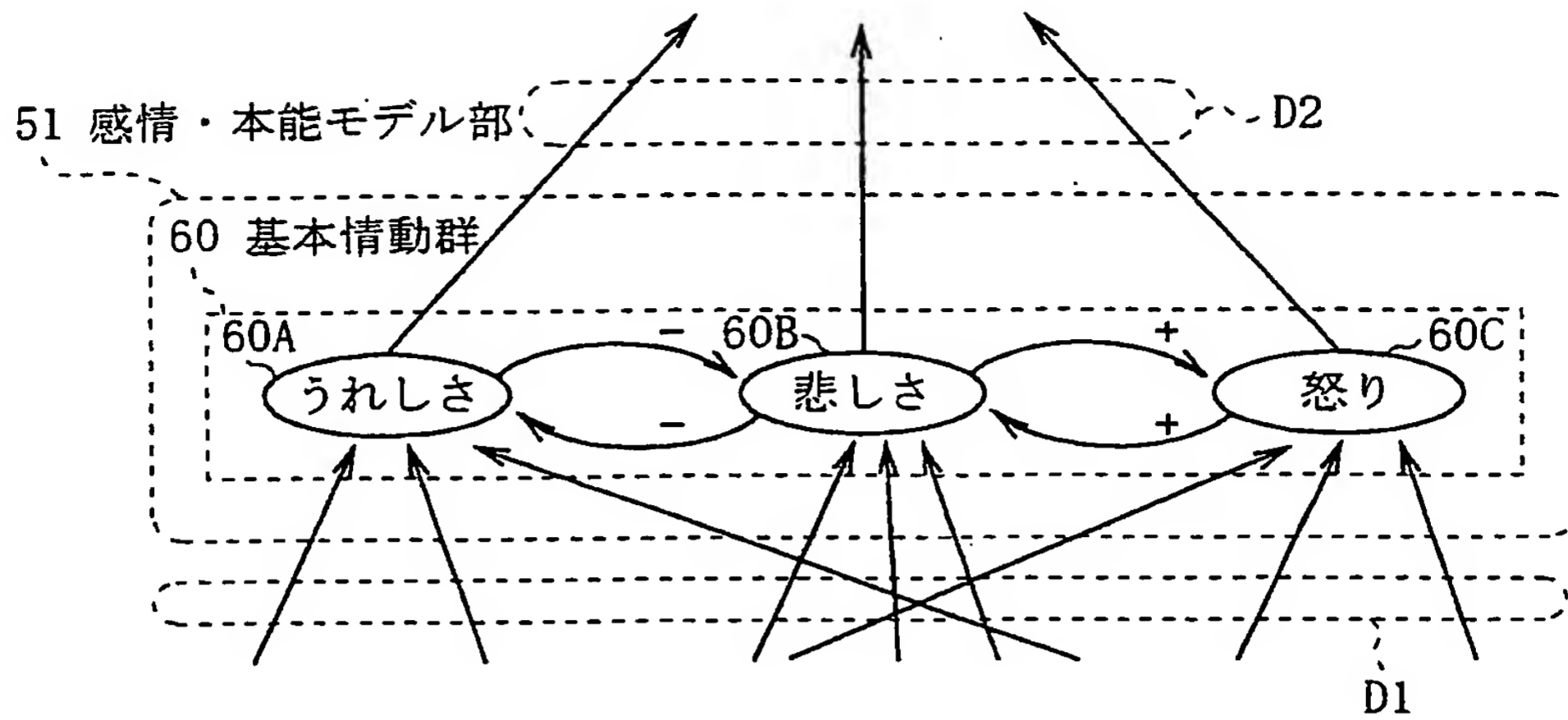


図 1 3

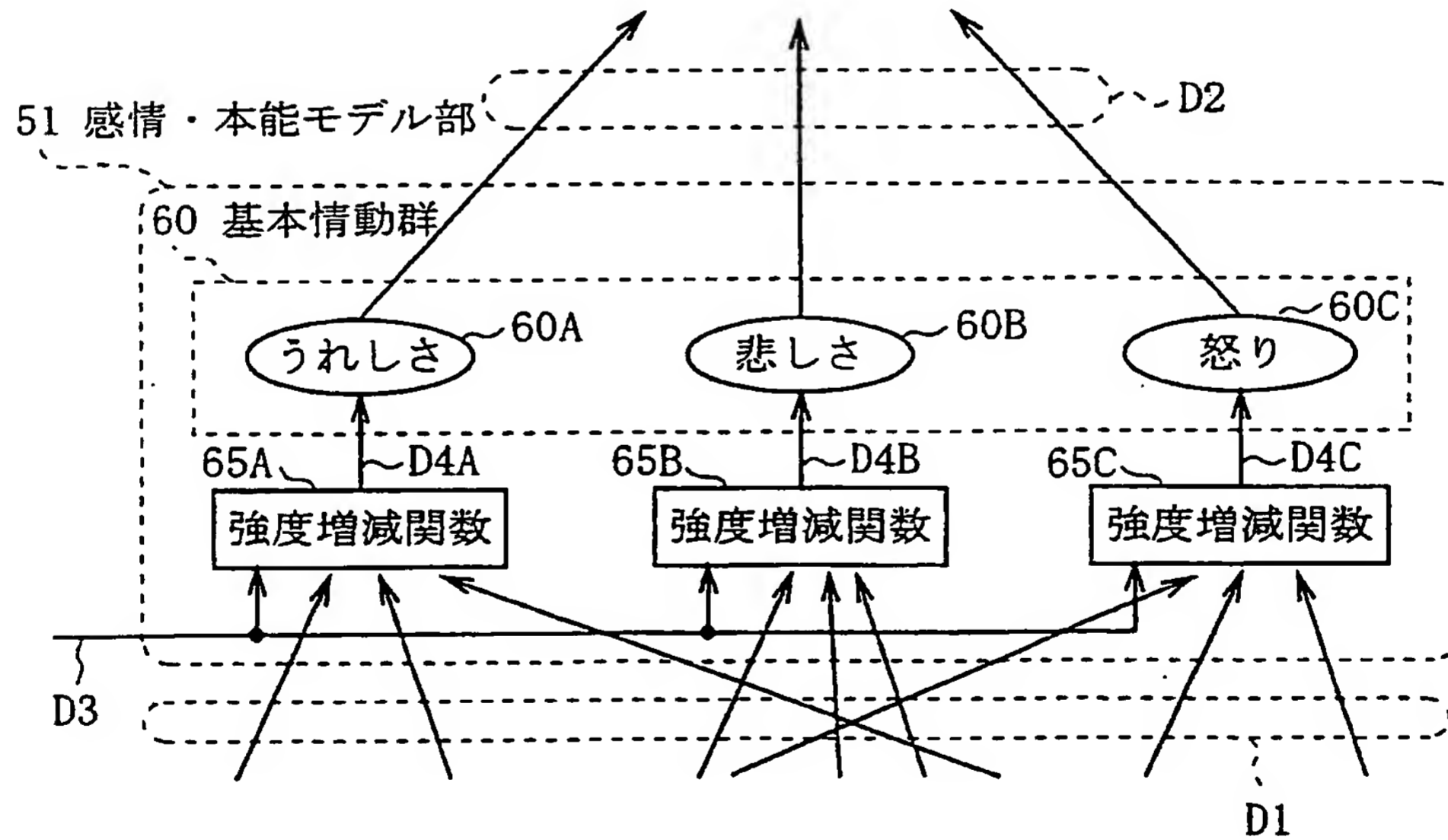


図 1 5

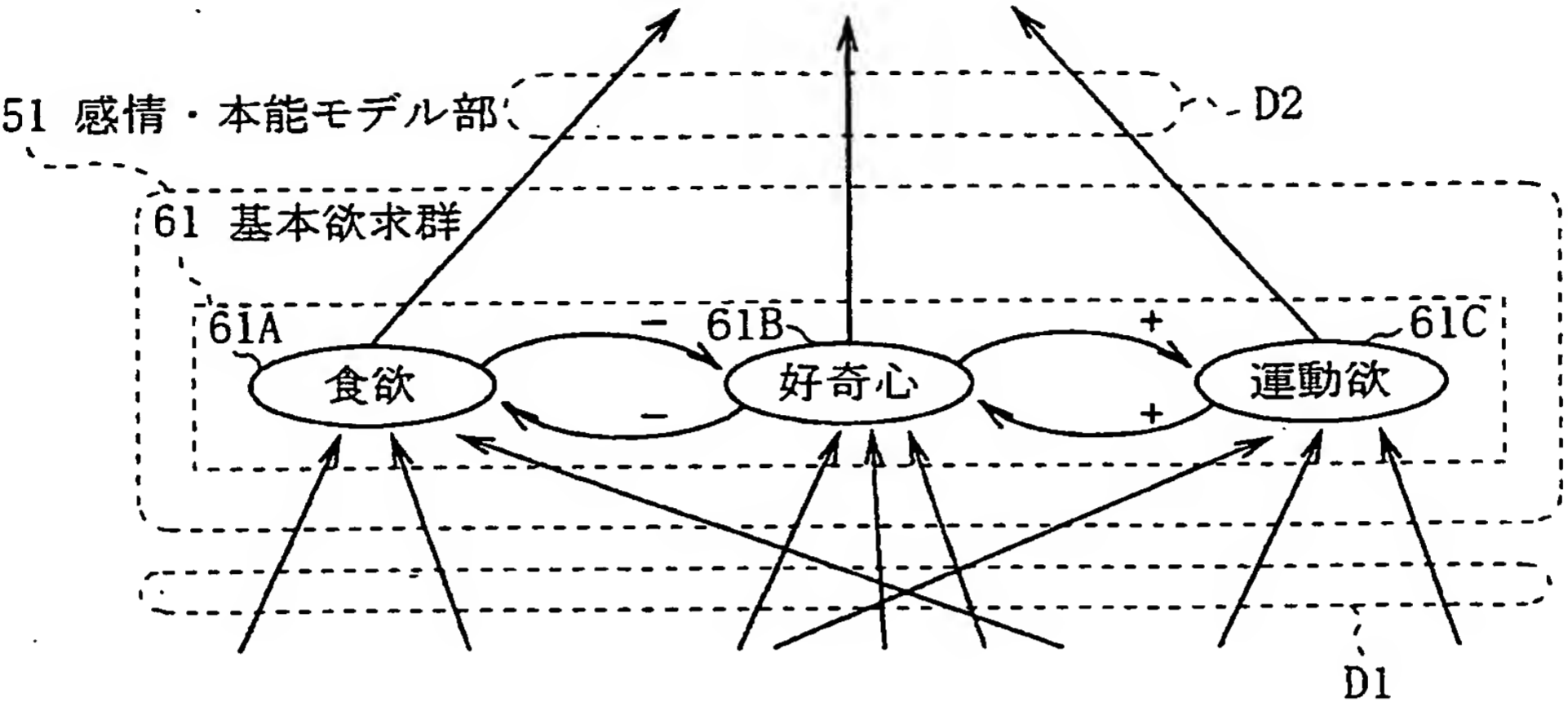


図 1 4

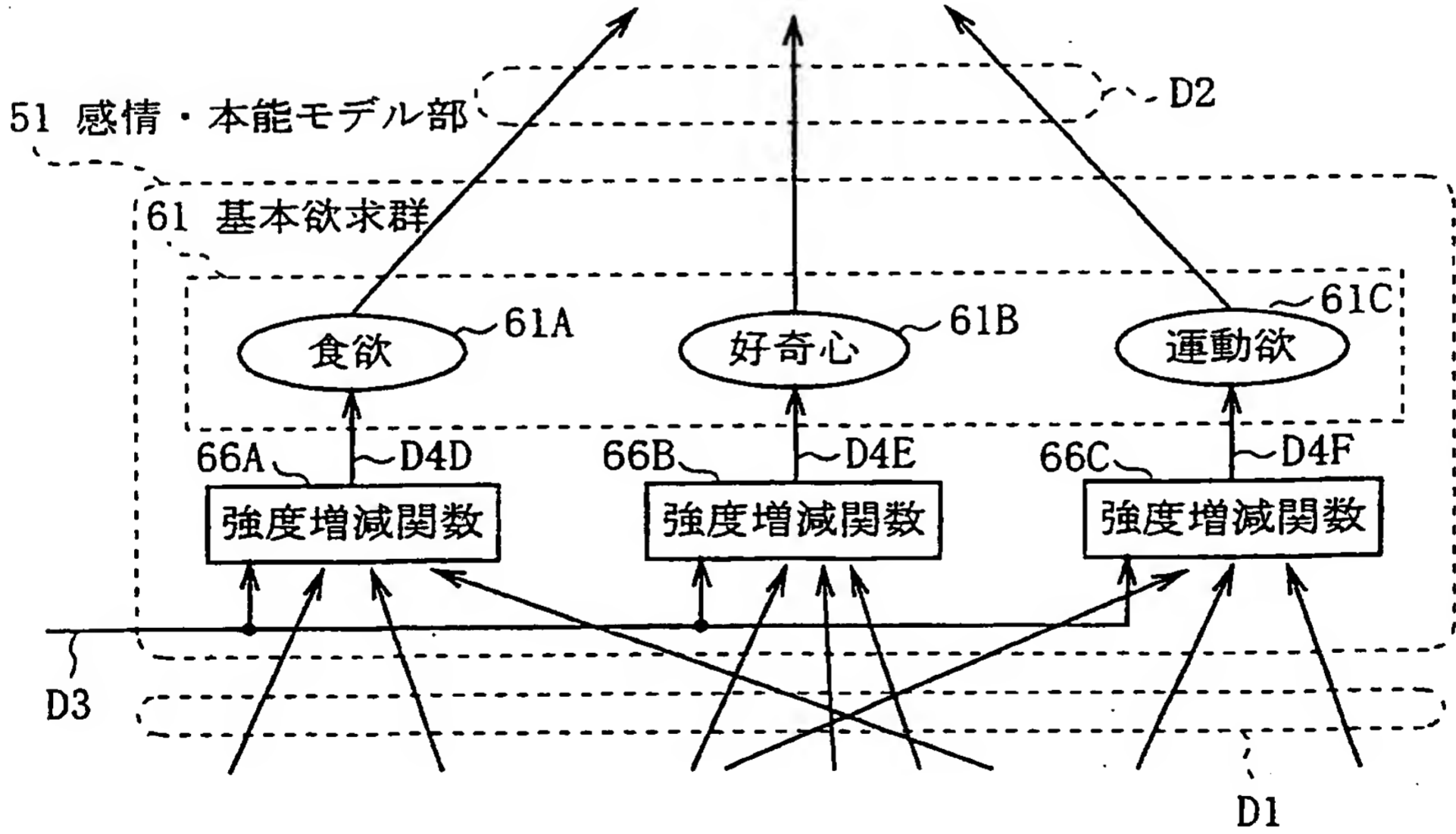


図 1 6

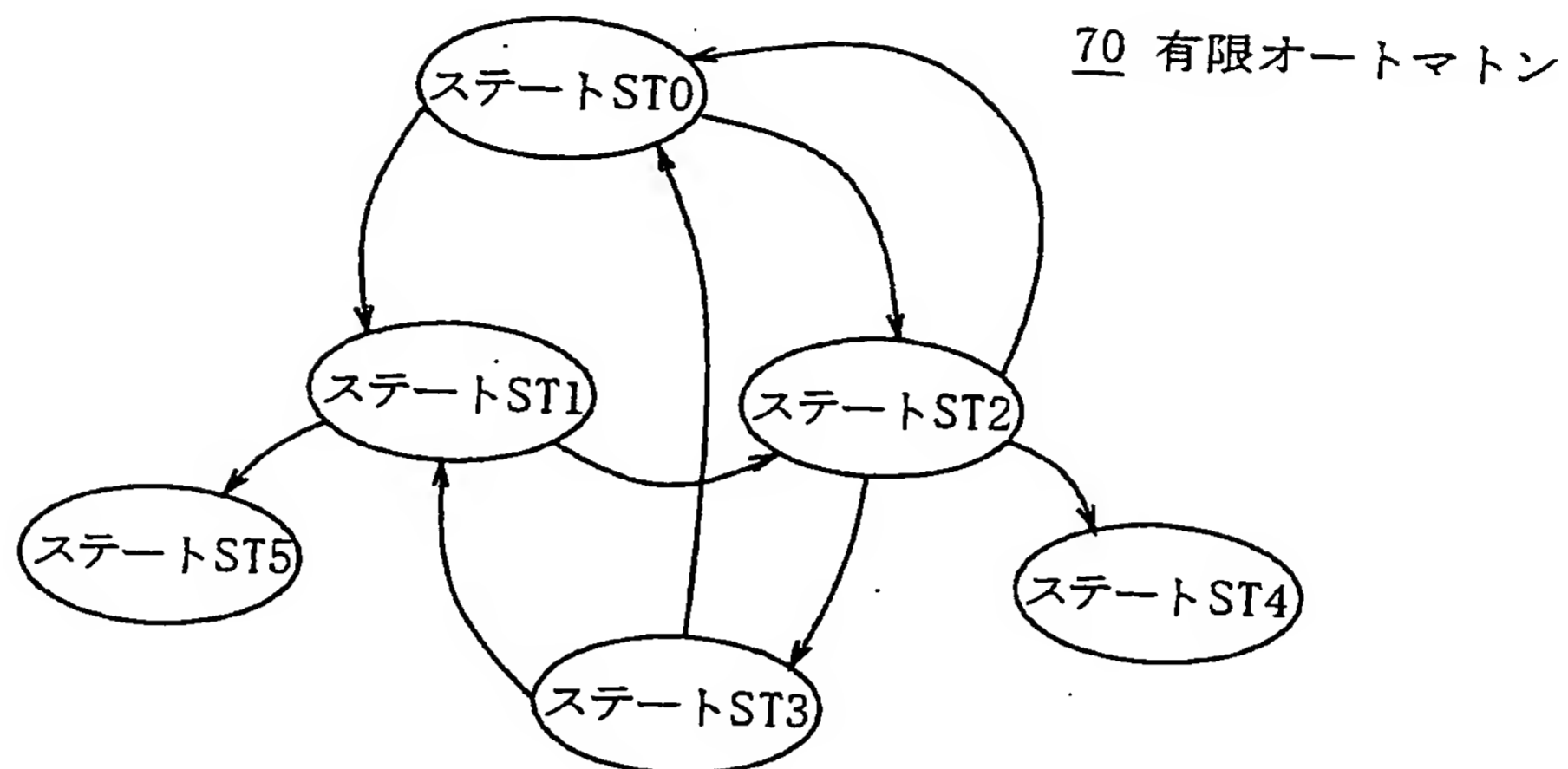


図 1 7

80 有向グラフ

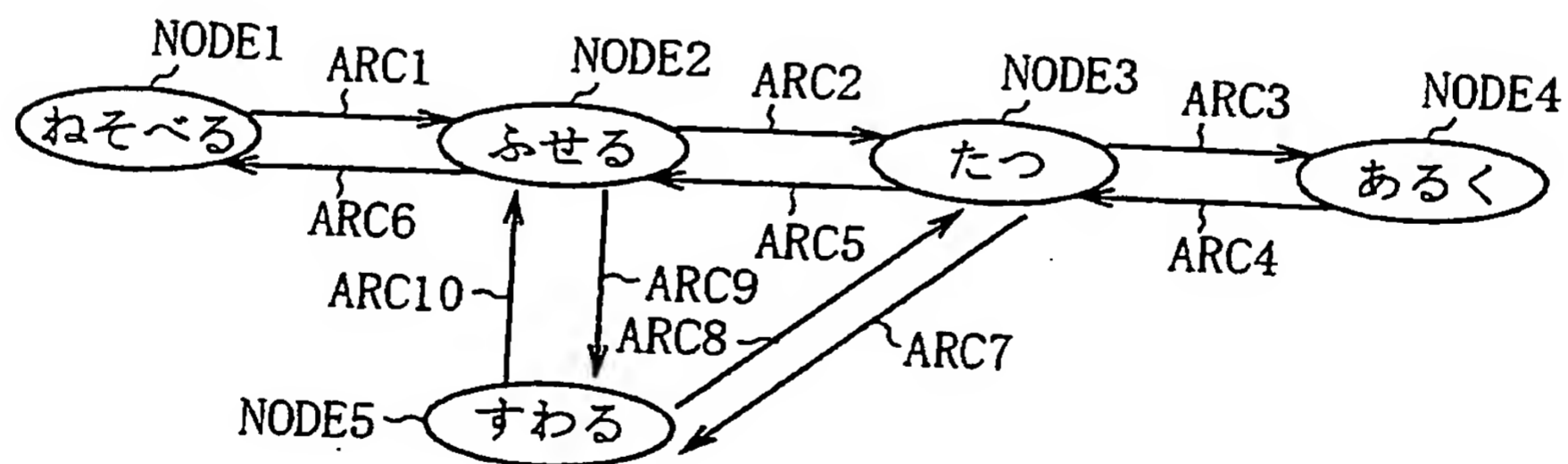


図 1 8

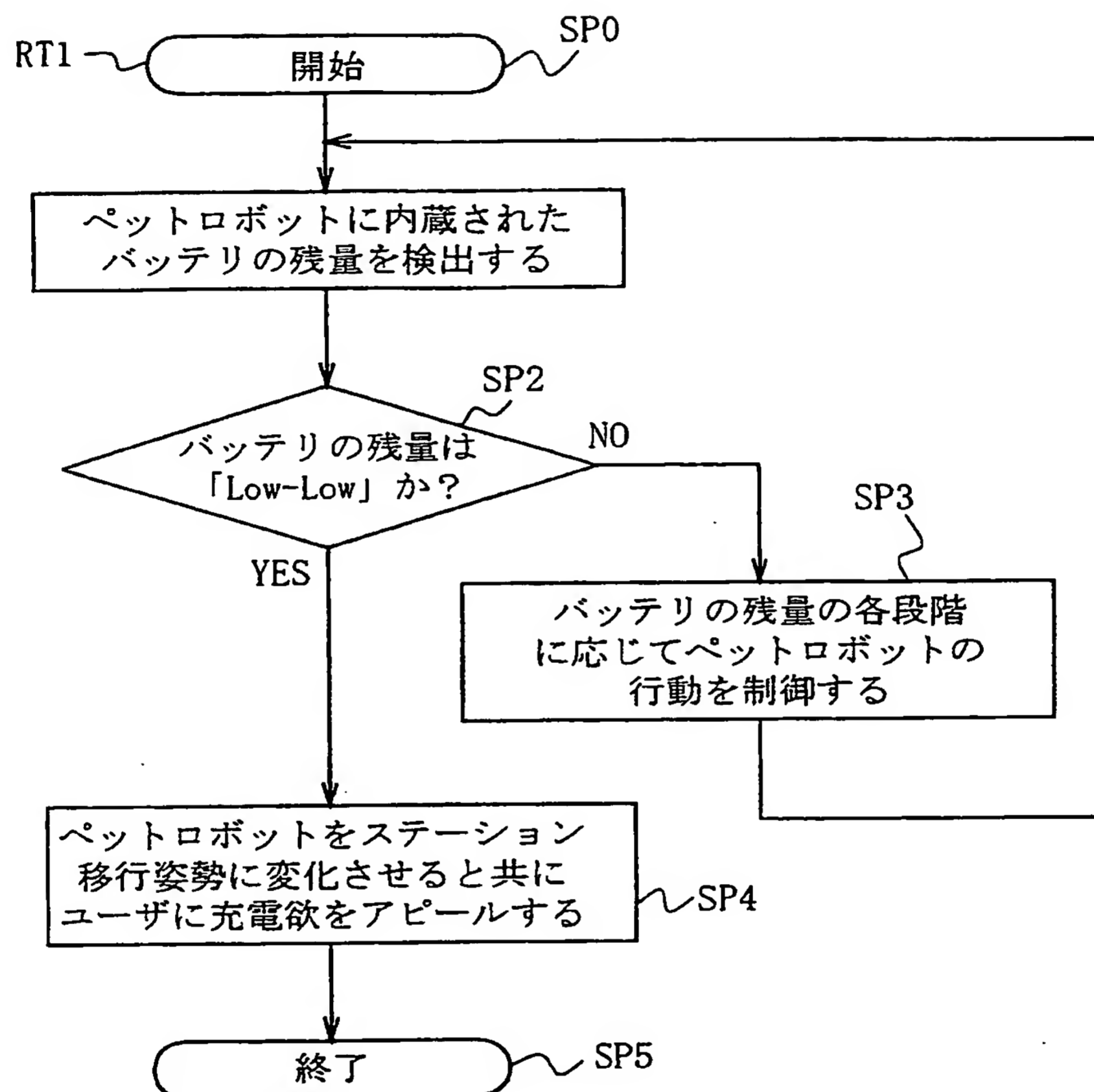


図 19

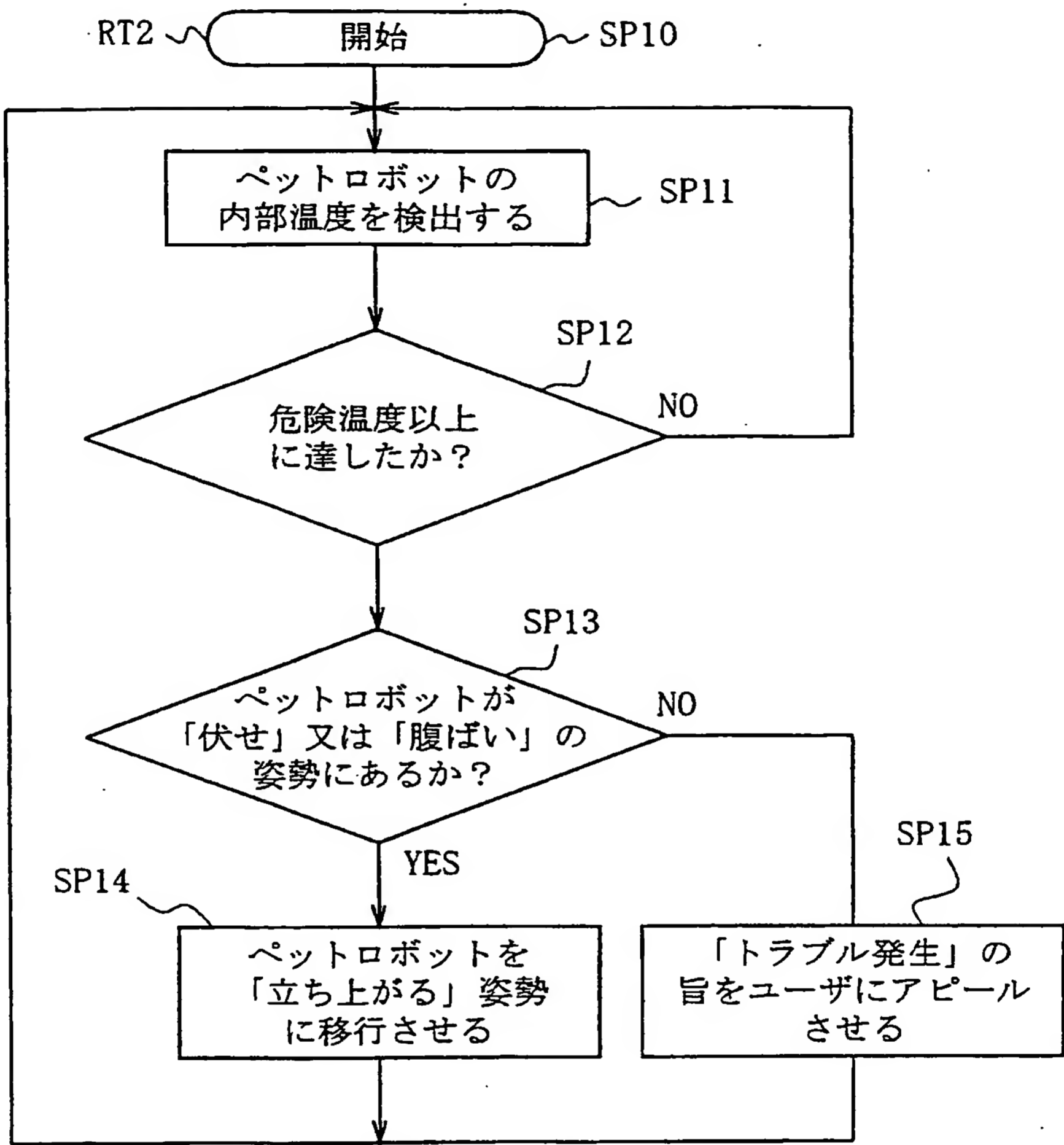


図 20

## 符 号 の 説 明

1……ペットロボットシステム、2……ペットロボット、3……ステーション、5 A A 1 ～ 7 A M ……アクチュエータ、4……胴体部ユニット、5 A ～ 5 D ……脚部ユニット、6……頭部ユニット、7……尻尾部ユニット、7 B ……ベース部、7 T ……尻尾部、7 W ……ワイヤ、1 0 ……コントローラ、1 0 A ……メモリ、1 1 ……バッテリー、1 2 ……バッテリーセンサ、1 3 ……熱センサ、1 4 ……内部センサ部、1 5 ……マイクロホン、1 6 ……CCDカメラ、1 7 ……タッチセンサ、2 0 ……軸受部材、2 1 ……歯車伝動機構、2 2 ……ギアボックス、3 5 ……差動歯車機構、5 0 ……センサ入力処理部、5 1 ……感情帆本能モデル部、5 2 ……行動決定機構部、5 3 ……姿勢遷移機構部、5 4 ……制御機構部、6 0 ……基本情動群、6 0 A ～ 6 0 C ……情動ユニット、6 1 ……基本欲求群、6 1 A ～ 6 1 C ……欲求ユニット、7 0 ……有限オートマトン、8 0 ……有向グラフ、R T 1 ……充電要求処理手順、R T 2 ……内部温度調整処理手順。

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/02988

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl<sup>7</sup> B25J13/00, B25J5/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
Int.Cl<sup>7</sup> B25J13/00, B25J5/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
Jitsuyo Shinan Koho 1920-2000 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-1996  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2000 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2000

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP, 6-117393, A (Mitsubishi Electric Corporation), 26 April, 1994 (26.04.94), page 2, Column 1, lines 24 to 38; Fig. 3 (Family: none)	4-8, 12, 17 13, 18
Y A	JP, 62-24988, A (Takashi Shiida), 02 February, 1987 (02.02.87), page 2, upper left column, lines 1 to 14; Fig. 1 (Family: none)	4-6, 8, 9, 11, 14, 16 10, 15
X Y A X Y A X Y A	Masahiro Fujita et al., "Reconfigurable Physical Agents, Proceedeings of the Second International Conference on Autonomous Agents", 09 May, 1998 (09.05.98), pp.54-61  Masahiro Fujita, "Robot Entertainment : Kogata 4 Kyaku Jiritsu Robot", Transactions of Nippon Robot, 15 April, 1998 (15.04.98), Vol.16, No.3, pp.31-32  Tetsuya Ogata et al., "Robot no Shintaisei ni motozuku Kanho Model to Naibu Hyosho Kakutoku Model", Proceedings distributed at Lecture Meeting of Nippon Robotics, Mechatronics, 26 June, 1998 (26.06.98), Vol.1998, No.Pt1, p2CII4.3(1)-2CII4.3(2)	1-3 4-9, 11, 12, 14, 16, 17 10, 13, 15, 18 1-3 4-9, 11, 12, 14, 16, 17 10, 13, 15, 18 1-3 4-9, 11, 12, 14, 16, 17 10, 13, 15, 18

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:  
"A" document defining the general state of the art which is not  
considered to be of particular relevance  
"E" earlier document but published on or after the international filing  
date  
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is  
cited to establish the publication date of another citation or other  
special reason (as specified)  
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other  
means  
"P" document published prior to the international filing date but later  
than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or  
priority date and not in conflict with the application but cited to  
understand the principle or theory underlying the invention  
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be  
considered novel or cannot be considered to involve an inventive  
step when the document is taken alone  
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be  
considered to involve an inventive step when the document is  
combined with one or more other such documents, such  
combination being obvious to a person skilled in the art  
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
15 August, 2000 (15.08.00)

Date of mailing of the international search report  
29 August, 2000 (29.08.00)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## 国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP00/02988

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> B25J13/00, B25J5/00

## B. 調査を行った分野

## 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> B25J13/00, B25J5/00

## 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1920-2000年  
日本国公開実用新案公報 1971-2000年  
日本国実用新案登録公報 1996-1996年  
日本国登録実用新案公報 1994-2000年

## 国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y A	JP, 6-117393, A (三菱電機株式会社), 26. 4 月. 1994 (26. 04. 94), 第2頁第1欄第24行-38 行, 第3図, (ファミリーなし)	4-8, 12, 17 13, 18
Y A X Y A	JP, 62-24988, A (志井田孝), 2. 2月. 1987 (02. 02. 87), 第2頁左上欄第1行-第14行, 第1図, (ファミリーなし) Masahiro Fujita (他1名), Reconfigurable Physical Agents, Proceedeings of the Second International Conference on Auton omous Agents, 9. 5月. 1998 (09. 05. 98), p 5 4-61	4-6, 8, 9, 11, 14, 16 10, 15 1-3 4-9, 11, 12, 14, 16, 17 10, 13, 15, 18

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

## の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

15. 08. 00

国際調査報告の発送日

29.08.00

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)  
郵便番号100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

田村 耕作



3C

9618

電話番号 03-3581-1101 内線 3324

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y A X Y A	藤田雅博, ロボットエンタテインメント: 小型4脚自律ロボット, 日本ロボット学会誌, 15. 4月. 1998 (15. 04. 98), Vol. 16, No. 3, p 31-32  尾形哲也 (他2名), ロボットの身体性に基づく感情モデルと内部表象獲得モデル, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会講演論文集, 26. 6月. 1998 (26. 06. 98), Vol. 1998, No. Pt 1, p 2CII 4. 3 (1) - 2CII 4. 3 (2)	1-3 4-9, 11, 12, 14, 16, 17 10, 13, 15, 18 1-3 4-9, 11, 12, 14, 16, 17 10, 13, 15, 18